



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

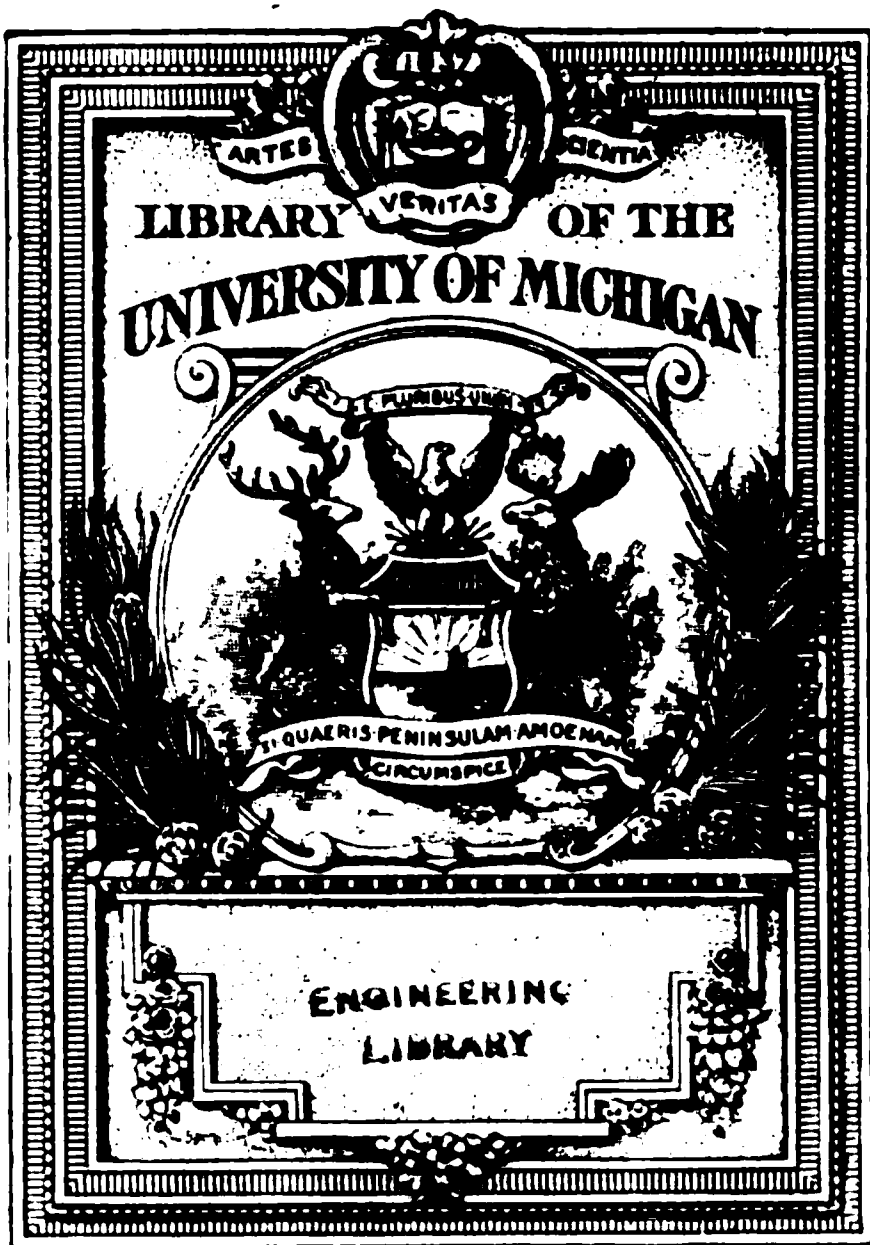
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



7A

2

7.6

no. 46

pt. 1

ANNALES
DES
ET CHAUSSÉES.

MOIRES ET DOCUMENTS.

5^e SÉRIE.

TOME XI.

1876

1^{er} SEMESTRE.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR ARNOUS DE RIVIÈRE ET C^o,
Rue Racine, 26, près de l'Odéon.

ANNALES
DES
PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS
RELATIFS
A L'ART DES CONSTRUCTIONS
ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR;
LOIS, DÉCRETS, ARRÊTÉS ET AUTRES ACTES
CONCERNANT
L'ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

5^e SÉRIE.
TOME XI.

1876

1^{er} SEMESTRE.

PARIS
DUNOD, ÉDITEUR,
LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, n° 49.

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSEES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RELATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS
ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR.

N° 1

NOTES RECUEILLIES

DANS UNE MISSION EN ANGLETERRE (1874)

Par MM. POULET et LUNEAU, élèves-ingénieurs des ponts et chaussées.

ANALYSE ET EXTRAITS

Par M. GARIEL, ingénieur des ponts et chaussées (*).

I. — Nouveau rouleau compresseur pour cylindrage des chaussées.

Le rouleau à vapeur est employé à Paris depuis 1864 pour le cylindrage des chaussées macadamisées : depuis cette époque il n'a pas subi de changements importants.

(*) Il eût été désirable que ces articles fussent rédigés par MM. Poulet et Luneau. Leurs occupations ne le leur ayant pas permis, nous avons prié M. Gariel de vouloir bien s'en charger.

E. M.

153383

Il est donc intéressant de connaître quelle est la dernière disposition qui a été adoptée en Angleterre pour cette sorte d'engin : nous nous occuperons du modèle construit en 1871 par MM. Aveling et Porter. Ces constructeurs, qui s'occupent d'une manière toute spéciale des locomotives routières, ont apporté aux rouleaux à vapeur des modifications assez notables ; nous ne parlerons pas des essais faits antérieurement, et nous nous bornerons à décrire le dernier type qui est actuellement en usage à Londres (*).

Auparavant, nous rappellerons en quelques mots la disposition des rouleaux à vapeur construits par M. Gellerat, pour la ville de Paris, tels qu'ils fonctionnent encore maintenant ; deux rouleaux cylindriques d'un diamètre de 1^m,55, ayant une largeur de 1^m,50, supportent un bâti métallique sur lequel sont installés une chaudière à vapeur, un cylindre et les divers organes qui constituent une machine à vapeur. Le mouvement de rotation du dernier arbre est communiqué à l'axe de l'un des cylindres par l'intermédiaire d'une chaîne sans fin : c'est la rotation de ce cylindre qui assure le déplacement de tout le système. Comme il est nécessaire que le rouleau ne repasse pas constamment sur la même piste, on peut transformer le parallélisme des axes des deux rouleaux compresseurs en une convergence que l'on fait varier à volonté entre certaines limites et qui permet de modifier la trajectoire de manière que le rouleau, étant arrivé à l'extrémité de sa course, puisse ne pas revenir sur le même espace exactement que celui qu'il a parcouru précédemment.

Ce rouleau est d'un poids considérable, 22.700 kilogrammes ; il est assez encombrant : ses déplacements latéraux présentent quelques difficultés provenant de la largeur

(*) Cet appareil a figuré à l'Exposition universelle de Vienne, en 1873. — Voir le *Rapport sur les travaux du génie civil*, par M. l'inspecteur général Kleitz, président du jury international du groupe XVIII. Paris, Imprimerie nationale, 1875, p. 88.

des cylindres en contact avec le sol ; enfin il exige, pour tourner, un espace relativement assez considérable.

Voyons maintenant les dispositions du rouleau Aveling et Porter. Le système moteur, qui comprend une chaudière à vapeur A (Pl. 2, fig. 1 et 2), un cylindre à vapeur D, etc., est porté par un système de quatre roues : deux sont situées à l'arrière B, B ; l'une d'elles est la roue motrice, elle reçoit le mouvement de l'arbre moteur par l'intermédiaire de roues d'engrenage. Ces deux roues sont montées sur le même essieu qui porte deux lames verticales en tôle E, E sur lesquelles repose la chaudière A à la partie postérieure. A la partie antérieure, la chaudière repose sur un avant-train formé de deux roues G, G' présentant une disposition très-spéciale. Ces roues sont légèrement coniques ; leurs axes ne forment pas une ligne droite, mais viennent converger en F (fig. 3), de telle manière que les génératrices inférieures des surfaces coniques soient sur une même horizontale par laquelle se fait le contact avec le sol. En cet endroit les deux roues sont presque en contact ; il en résulte qu'elles se trouvent écartées à la partie supérieure. La largeur de la partie par laquelle ces roues reposent ensemble sur le sol est un peu supérieure à la distance qui sépare les deux roues postérieures ; par suite, lorsque la machine se déplace, une largeur de la chaussée égale à l'écartement des bords extérieurs des roues postérieures se trouve avoir subi le cylindrage. L'écartement des roues antérieures à leur partie supérieure permet le passage d'une tige cylindrique G, sorte de cheville ouvrière, qui, d'une part, vient reposer en F sur l'essieu de ces roues et, d'autre part, supporte l'extrémité antérieure de la chaudière : cette dernière liaison est d'ailleurs tellement disposée qu'elle permet le passage de cette double roue sur des chaussées dont la surface présente une certaine irrégularité.

Lorsque l'essieu HH de ces roues antérieures est paral-

lèle à celui des roues postérieures, le rouleau se meut en ligne droite; pour le dévier de cette direction, il suffit de faire tourner l'avant-train autour de la cheville ouvrière G. Pour cela, l'essieu de cet avant-train porte une pièce HH formée d'un fer cornière et sur laquelle viennent se fixer les extrémités d'une chaîne articulée II qui, d'autre part, passe sur une roue dentée J à axe vertical portée par le bâti de la machine. Par l'intermédiaire d'une tige MK portant à son extrémité une vis sans fin, le mécanicien peut communiquer à J un mouvement de rotation dans un sens ou dans l'autre, ce qui entraîne le déplacement de l'essieu HH. (Le dessin de l'appareil indique en NJ une autre disposition possible de cette tige motrice.) Il est donc facile de donner aux axes des deux essieux, comme pour les voitures ordinaires, telle inclinaison qui paraît nécessaire, ce qui, joint à ce fait que la roue B qui n'est pas motrice peut être folle sur son axe, permet d'obtenir de ce rouleau à vapeur telle déviation qui convient, par exemple de lui faire effectuer une rotation sur lui-même.

Le poids de ce rouleau est de 8 tonnes; la largeur des roues motrices B est de 0^m,329, celle des roues directrices de 0^m,431 : la largeur maxima, celle de la partie cylindrée par les unes ou par les autres, est de 1^m,42; ce rouleau peut donc passer dans les routes les plus étroites : nous avons dit d'ailleurs qu'il tourne avec facilité; il pourra donc être amené sur une route quelconque.

La force nominale de la machine à vapeur employée est de 5 chevaux-vapeur : cette machine marche à volonté dans un sens ou dans l'autre, afin que le cylindrage puisse s'effectuer à l'aller et au retour sans qu'il soit nécessaire de faire tourner le rouleau.

Cette machine paraît habilement construite pour satisfaire au service qu'on en exige; une seule remarque nous semble devoir être faite : le roulement des roues coniques directrices ne peut s'effectuer comme celui de cylindres,

de telle sorte qu'au roulement doit se joindre, sur une certaine étendue, un glissement qui, bien que n'étant pas bien considérable, amène un frottement sur l'importance duquel nous ne sommes pas renseigné.

Le rouleau Aveling et Porter n'est pas seulement destiné à cylindrer les chaussées, il a pour but de faciliter les divers travaux qui se rapportent à la construction et à l'entretien des routes : il peut être employé comme locomotive routière; un anneau P, placé à l'arrière, permet d'y accrocher divers chariots qui transporteront au lieu d'emploi les matériaux et le matériel nécessaire : la facilité avec laquelle on dirige ce rouleau est alors fort avantageuse. D'autre part, lorsque la machine est arrêtée, on peut désembrayer les roues motrices B; un volant V, calé sur l'arbre qui porte la manivelle motrice, peut alors être entouré par une courroie sans fin qui communiquera le mouvement à tel appareil qu'il conviendra d'utiliser, par exemple à une machine à casser les pierres, machine qui est assez employée en Angleterre, où l'on en trouve de divers systèmes.

Le rouleau Aveling et Porter paraît donc, indépendamment de ses qualités comme compresseur, pouvoir rendre des services réels comme locomoteur ou comme moteur mi-fixe.

II. — L'Albert Bridge.

La construction d'un pont suspendu à Chelsea, vers l'extrémité ouest de Londres, avait été décidée dès 1864. L'exécution du projet fut retardée par diverses circonstances; mais les travaux, commencés en 1872, ont été poussés avec rapidité, et le pont a été ouvert le 23 août 1873. Ce pont paraît être la plus récente application d'un système connu en Angleterre sous le nom de système Or-

dish. Ce système, qui sous certains rapports rappelle les ponts suspendus modernes de l'Amérique, en diffère cependant par le mode d'action des haubans, d'une part, et d'autre part, par le système d'ancrage. Ces deux particularités sont d'ailleurs complètement indépendantes l'une de l'autre, et nous les décrirons séparément.

Les ponts suspendus américains diffèrent essentiellement des ponts suspendus qui ont été construits en France par l'introduction de poutres longitudinales, propres à assurer la rigidité du tablier, et par l'addition de haubans destinés à mieux assurer la fixité des points d'attache du tablier en même temps qu'à soulager les câbles de suspension. Nous laissons ici de côté les moyens de contreventement destinés à diminuer les oscillations latérales.

Comme nous le dirons tout à l'heure, le tablier rigide est adopté dans le système Ordish ; mais le rôle des haubans est modifié et perfectionné, à ce qu'il semble : c'est aussi sur ce point qu'il paraît nécessaire d'insister.

On sait que, dans la plupart des ponts suspendus d'Amérique, au câble supportant des tiges verticales fixées au tablier à des distances régulières et prenant sous ces influences multiples la forme d'une parabole qui éprouve des déformations lorsqu'une charge mobile se meut sur le pont, se trouvent joints des haubans qui, fixés d'une part à des supports sensiblement invariables, vont, sous une inclinaison plus ou moins considérable, s'attacher par leur autre extrémité au tablier, augmentant ainsi dans une certaine mesure l'invariabilité de position de ce point d'attache.

Mais, en réalité, un hauban tendu entre le point fixe A du support (Pl. 2, fig. 8) et le point C du tablier ne prend pas la forme d'une ligne droite AC ; par suite de son poids même, il s'incurve et présente l'aspect d'une courbe ADC, la chaînette. Lorsqu'un excès de charge est appliqué en C, il en résulte, sinon un redressement absolu du hauban, au moins

une diminution de courbure qui l'amène en $AD'C'$, produisant ainsi un abaissement notable CC' du point C.

Il est clair que si, primitivement, le hauban eût été strictement une ligne droite, un abaissement du point C n'eût été possible que par suite d'un *allongement* du hauban et non pas seulement par suite de son *redressement* : on conçoit sans peine que pour produire le même déplacement du point considéré C, il eût fallu une force bien plus considérable dans le cas de l'allongement que par le redressement, ou que, inversement, une même charge eût donné dans le premier cas un abaissement du point C bien moindre que dans le second. Il serait donc très-avantageux d'avoir des haubans rectilignes, ou du moins s'écartant peu de cette forme. C'est ce à quoi M. Ordish arrive en employant un câble MN (*fig. 9*) de suspension dont l'une des fonctions principales est de maintenir rectiligne le hauban AC en soutenant en divers points par les tiges verticales HH', II', KK'; c'est là ce qui caractérise absolument ce système.

Nous pouvons maintenant arriver à la description générale du pont : il se compose d'une travée centrale de 120 mètres et de deux travées latérales de 46,50 ; le tablier est soutenu par deux poutres rigides s'étendant d'une manière continue d'une rive à l'autre. Chaque poutre (*fig. 5*) est supportée : 1° par un câble de suspension qui, partant de l'une de ses extrémités où il est relié solidement à l'appareil d'ancrage, s'élève en décrivant une courbe jusqu'au sommet d'une colonne en fonte de 25 mètres de hauteur au-dessus du tablier ; en cet endroit il passe sur une selle mobile sur des rouleaux de friction, puis redescend de l'autre côté jusqu'au milieu du pont où il vient affleurer la poutre, pour décrire symétriquement de l'autre côté une trajectoire analogue ; ce câble soutient les extrémités supérieures de tiges de fer qui, par leurs extrémités inférieures, sont reliées à la poutre et contribuent à sa rigidité ; 2° par

des haubans qui, partant du sommet du même support, se dirigent en nombre égal de chaque côté vers des points également espacés le long du tablier. Ces haubans sont d'ailleurs roidis, rendus rectilignes ou à peu près, parce qu'ils sont supportés en divers points par les tiges verticales qui partent du câble de suspension déjà décrit. Disons enfin que pour diminuer l'amplitude des oscillations latérales, le système du câble, des tiges de suspension et des haubans correspondant à l'une des poutres n'est pas vertical, mais est incliné à $1/10$ environ sur la verticale (*fig. 7*).

Il convient maintenant d'examiner avec quelques détails chacun de ces éléments principaux.

Il existe deux points d'appui dans la largeur de la rivière, puisqu'il y a trois travées ; les poutres et le tablier sont cependant continus d'une extrémité à l'autre. Comme nous le dirons, ils passent dans les piles sans y être reliés. Les poutres sont hautes de $2^{\text{m}},25$; leur longueur est de 213 mètres ; elles ont une flèche de $1/70$ environ, de telle sorte que leur élévation au-dessus du niveau des hautes mers est de 5 mètres au droit des culées, tandis qu'il est de $6^{\text{m}},30$ sur l'axe. Chaque poutre, dont l'inclinaison transversale sur la verticale est de $1/7$ environ (*fig. 10*), présente une semelle inférieure en tôle dont l'épaisseur, de 9 millimètres au milieu du pont, va en croissant jusqu'aux piles où il y a 4 tôles de 12 millimètres superposées : cette dernière épaisseur se maintient dans les travées latérales sur 36 mètres ; au delà elle est réduite à 3 tôles semblables ; la largeur est uniformément de $0^{\text{m}},40$; l'âme de la poutre est une tôle de 25 millimètres ; la semelle supérieure est ornée d'une tôle et est surmontée d'une main courante. Cette poutre, dans sa moitié supérieure, présente des rosaces découpées qui contribuent à l'ornementation. Des cornières réunissent les diverses parties.

Les deux poutres sont espacées de $11^{\text{m}},70$ à la partie

inférieure et de $12^m,35$ à la partie supérieure : la chaussée a une largeur de $8^m,10$; elle est accompagnée de deux trottoirs de $1^m,95$; ces parties correspondent à peu près à la moitié de la hauteur des poutres ; elles sont supportées par des entretoises inférieures de $0^m,75$ en forme de double T et placées à $2^m,40$ les unes des autres ; leur partie supérieure a la forme d'un solide d'égale résistance. Des contrevents (*fig. 6*) s'opposent à toute déformation latérale.

Chacune de ces poutres repose, d'une part sur les culées et, en outre, en deux points de leur longueur sur les piles : cette dernière *suspension* est disposée de manière à permettre certaines modifications dans la direction de ces poutres : c'est un simple point d'appui.

Chaque pile est constituée par deux cylindres en fonte complètement séparés, si ce n'est à la partie supérieure ; chaque cylindre se compose d'anneaux de fonte superposés ; l'anneau inférieur, taillé en biseau, a $7^m,50$ de diamètre extérieur, $1^m,35$ de hauteur et 34 millimètres d'épaisseur : il repose sur le London Clay à plus de 11 mètres au-dessous du niveau des hautes mers ; les anneaux supérieurs vont en diminuant et le diamètre n'est plus que de $4^m,50$ au sommet. Ces cylindres sont remplis de béton. A leur sommet ils laissent un vide de 12 mètres supérieur à la largeur du tablier, mais ce vide est diminué par la saillie d'une sorte de chapiteau sur lequel s'appuient les poutres de rive. Au-dessus s'élèvent les tours jusqu'à 25 mètres environ au-dessus du tablier : ces tours se composent d'une partie centrale creuse, en fonte, entourée de 8 colonnettes en fonte, creuses également ; ces colonnettes sont reliées à la partie centrale par des plaques de fonte placées horizontalement de distance en distance. Vers leur partie supérieure, ces tours sont reliées et contreventées par un arc en fonte : le tout est ornementé dans le style gothique (*fig. 7 et 23*).

Le câble, d'un diamètre de $0^m,152$, est en fil d'acier ; il est

composé de torons rectilignes réunis par un fil enroulé d'un diamètre moindre. Il est continu d'un bout à l'autre du pont : au milieu, il est absolument fixé dans un cylindre à serrage, composé de deux pièces et posé sur la main courante, et est relié à la partie inférieure de la poutre de rive par des tiges de fer (fig. 18).

Il s'élève à partir de ce point en décrivant une courbe et supportant à des distances égales des tiges de suspension : cette courbe, qui n'est pas dans un plan vertical, a son sommet à la partie supérieure de la tour à 26^m,70 au-dessus des hautes mers ; la flèche est de 18^m,15, soit environ 1/7. Le câble passe sur une selle circulaire reposant sur des galets et présentant une inclinaison convenable : il est serré invariablement par un boulon ; il descend vers l'extrémité de la poutre en présentant des dispositions analogues, et vient se fixer autour d'un axe creux placé en ce point et traversé par un boulon dont le rôle sera expliqué plus tard (fig. 24 et 25).

Les tiges de suspension sont espacées de 6 mètres, elles sont en fer de 0^m,09 de diamètre, et vont se fixer à la partie supérieure des poutres de rive, après s'être mises en rapport avec les haubans.

Ces haubans partent d'une selle placée sur la tour au-dessous de celle décrite plus haut : ils sont au nombre de 7 de chaque côté, mais, sauf le premier, ils sont groupés par deux de telle sorte qu'il y a en résumé 4 haubans. La selle d'où ils partent présente une inclinaison latérale rendue nécessaire par leur direction inclinée ; elle est à 3 mètres au-dessous de la selle d'appui du câble. Les haubans se terminent à la poutre à des distances égales de 12 mètres ; ils font avec l'horizontale des angles respectivement égaux à 58° 30', 39° 30', 29° et 23° : ils sont symétriquement placés par rapport à la pile. Si l'on remarque que le milieu de la poutre est retenu directement par le câble, on voit que le longeron présente un point d'appui tous

les 12 mètres, indépendamment des points d'appui fournis par les tiges de suspension. Enfin, à leurs points de rencontre avec les tiges de suspension, ces haubans leur sont reliés invariablement (*fig. 20, 21 et 22*), de manière à présenter une direction presque rectiligne. Ces haubans ont respectivement des longueurs de 22^m,80, 28^m,50, 38^m,40 et 49^m,50. Les sections sont dans le même ordre : 36, 48, 65 et 81 centimètres carrés. Le dernier hauban, qui se dirige vers l'extrémité de la poutre, vient se terminer au boulon qui traverse déjà l'anneau terminal du câble (*fig. 24 et 25*) ; les autres s'attachent à des boulons placés au quart inférieur du longeron, boulons qui forment le centre de rosaces constituant un motif ornemental.

Les haubans sont en tôle : l'assemblage des diverses feuilles est obtenu par des rivets, et elle correspond au point où ces haubans sont reliés avec les tiges de suspension ; ces diverses dispositions ont pour effet d'augmenter leur rigidité.

Le câble se projette au droit des piles, sur l'axe des tours à 1^m,70 du longeron, en conséquence de l'inclinaison du système du câble et des haubans, tandis que sur l'axe, ce câble est en contact avec le longeron.

Il convient de remarquer que le câble étant fixé invariablement de chaque côté à l'extrémité de la poutre, sa tension est équilibrée par la rigidité même de cette poutre ; ce pont est ainsi presque en équilibre comme une sorte de poutre armée, et le câble est maintenu dans sa position sans qu'il soit nécessaire de l'amarrer solidement. Comme, cependant, le passage de charges mobiles sur la travée centrale aurait pour effet de relever les extrémités des pontres, celles-ci sont fixées dans le sol en arrière des culées à l'aide de boulons qui prennent naissance à leur partie supérieure au point où viennent s'attacher le câble et le dernier hauban (*fig. 26*). Ce boulon descend verticalement dans un cylindre de fonte de 0^m,90 de diamètre, jusqu'à 9^m,60 environ

au-dessous du sol de la chaussée ; à ce niveau où se trouve l'ancrage par lequel l'extrémité inférieure du boulon est reliée au cylindre ; celui-ci s'élargit jusqu'à avoir 1^m,50 de diamètre, ce qui permet la visite de cette partie importante du pont. Le cylindre de fonte est noyé extérieurement dans un massif de béton dont le poids s'ajoute à celui du métal pour résister à l'effort vertical exercé par le tablier ; comme il n'y a pas de composante horizontale à équilibrer, le poids du massif d'amarrage peut être beaucoup inférieur à ce qu'il est dans les ponts suspendus du système primitif.

Dans les calculs qui se rapportent au pont que nous décrivons, il paraît que l'on n'a compté en aucune façon sur la résistance du câble, si ce n'est comme soutenant le point milieu du tablier ; la rigidité des poutres et du tablier, la fixité presque absolue des pointes d'attache des haubans roidis et maintenus rectilignes par les tiges de suspension sont seules entrées en ligne de compte : l'influence de la suspension du tablier par le câble est une cause d'augmentation de solidité qui assure plus complètement l'invariabilité du système. Le rôle spécial et restreint attribué au câble justifie le mode d'ancrage qui serait inadmissible dans le cas où le câble retient seul ou presque seul le tablier. Il résulte de là aussi que la grandeur de la flèche a moins d'importance que dans les ponts suspendus ordinaires : cependant, afin de diminuer la tension à laquelle le câble est soumis, M. Ordish a donné à cette flèche une assez grande valeur relative : par une raison analogue, il convenait d'avoir des haubans qui ne fussent pas trop inclinés, ce qui entraînait naturellement à élever notablement le point d'attache supérieur de ces haubans sur les tours.

L'Albert Bridge est, à ce qu'il paraît, le troisième pont construit en Europe dans le système Ordish ; les deux premiers ont été jetés sur la Moldau (Autriche) en 1868 et 1869 : le premier, plus considérable, se trouve à Prague et est connu sous le nom de *pont François-Joseph*. Dans

cet ouvrage, le rapport de l'ouverture de la travée centrale à la flèche du câble est de 8^m,20 ; il n'est que de 6^m,60 dans l'Albert Bridge, tandis qu'il atteint 14^m,04 pour le pont du Niagara.

Indépendamment du journal de mission de MM. Poulet et Luneau dans lequel nous avons trouvé la plupart des détails qui précèdent, nous avons utilisé le journal de mission de M. Pérouse, qui avait été envoyé en Angleterre en 1872, et qui avait déjà signalé l'intérêt qui s'attache au pont suspendu de Chelsea.

III. — Comble de la station de Saint-Pancrace (Midland Railway), à Londres.

La station de Saint-Pancrace est le terminus dans Londres du Midland Railway ; jusqu'en 1870 cette compagnie, dont tout le monde connaît l'importance et la physionomie originale (*), n'avait pas de gare dans la capitale de la Grande-Bretagne : elle résolut d'en avoir une qui égalât, et même surpassât celles des autres compagnies. Cette gare présente des particularités intéressantes à divers égards, que nous allons faire connaître d'après un mémoire présenté par M. Barlow, qui fut chargé de sa construction, à la société des ingénieurs civils de Londres.

La ligne du Midland entre dans Londres par un tunnel sous Haverstock Hill et vient se terminer près de Euston Road, dans la paroisse de Saint-Pancrace, et non loin de la gare du Great Northern Railway (King's Cross Station). La voie passe au-dessus du Regent's Canal avant d'atteindre la gare dont le sol se trouve à une hauteur variant de 3^m,60 à 5^m,10 au-dessus des terrains et des rues avoisinants. D'autre part, et à une certaine distance, un embranche-

(*) Voir le *Rapport de mission* de M. l'ingénieur en chef Malézieux : *Annales* 1874, 1^{er} sem., p. 13.

ment à double voie quitte la ligne principale et, descendant d'une manière continue, passe sous le Regent's Canal, puis sous la ligne principale et sous la gare même, et va rejoindre à quelque distance le Metropolitan Railway près de King's Cross Station.

Décrivons maintenant la gare même : elle présente un étage inférieur, rez-de-chaussée, au niveau du terrain environnant, et un étage supérieur, plate-forme qui constitue la station proprement dite.

L'étage inférieur, qui s'étend sur un espace de 72 mètres sur 210 environ, forme un vaste magasin pour la manutention des marchandises. Le plancher qui le recouvre et qui supporte les voies et les quais de la gare est constitué par des poutres en tôle placées les unes parallèlement, les autres perpendiculairement à l'axe et recouvertes de tôles bombées, système Mallet (Pl. 3, fig. 7, 10 et 11). Il y a 15 poutres longitudinales et 49 transversales : ces poutres qui, par leurs extrémités, s'appuient sur les murs, sont supportées à leur point de croisement par 720 colonnes en fonte (fig. 7, 10, 11 et 12). Les colonnes reposent sur des dés en pierre placés à la partie supérieure de piliers de briques descendus jusqu'à une profondeur d'environ 4^m,50 au-dessous du sol. La hauteur de cet étage inférieur est de 4^m,10 : ses dimensions et ses dispositions sont absolument analogues à celles des celliers à bière ; cette gare est en effet chargée du trafic de la bière de Burton en quantité considérable. Ce rez-de-chaussée communique directement par des voies de raccordement avec la ligne principale ; d'autre part, des appareils de levage, mus par la pression de l'eau, permettent d'établir des communications directes avec l'étage supérieur. Enfin, sur les rues voisines et dans tout l'espace qui n'était pas nécessaire au chemin de fer, des boutiques ont été disposées entre les murs de la gare et ces rues.

La gare proprement dite, constituant l'étage supérieur,

offre une surface couverte de 72 mètres sur 210 comprenant un certain nombre de voies séparées par des quais d'embarquement et de débarquement, et par une partie accessible aux voitures. La toiture, que nous allons décrire tout à l'heure avec quelques détails, repose directement sur les murs qui limitent la gare sans supports intermédiaires. A l'extrémité nord se trouvent les bâtiments de la station et un hôtel, suivant une disposition assez semblable à celle des gares de Cannon Street, de Charing Cross et de Victoria Station; seulement les bureaux des billets sont situés sur le côté de la gare et non à l'extrémité de la plateforme. Des bureaux supplémentaires occupent cependant cette dernière position pour les cas de grande foule.

La toiture est supportée par 25 fermes en tôle, d'une portée de 72 mètres, écartées de 9 mètres environ d'axe en axe. Ces fermes sont constituées par deux arcs à deux centres chacun (de 17^m,10 et de 48 mètres de rayon) se rencontrant au sommet en formant un angle assez obtus; la hauteur sous clef au-dessous des naissances est de 30 mètres; chacune d'elles est formée d'une poutre tubulaire (*fig. 14, 15 et 16*) ayant dans toute son étendue une largeur de 1^m,85, mais dont les dimensions transversales diminuent depuis les naissances jusqu'à une certaine hauteur à partir de laquelle elles restent constantes. Chaque ferme est en tôle pleine jusqu'à une hauteur de 8^m,50 environ et, au-dessus, elle est constituée par une poutre en treillis. A la naissance, la ferme présente une augmentation de largeur notable par laquelle elle repose sur les murs de l'étage inférieur: elle est d'ailleurs invariablement reliée à cette maçonnerie par l'intermédiaire de 4 boulons en fer de 6^m,50 encastrés à leur partie inférieure à l'aide de pièces spéciales d'ancrage en fonte.

Cet arc métallique, d'une grande portée, présente beaucoup de rigidité non-seulement par suite de la force des poutres qui le constituent, mais encore parce que, aux

naissances, ses extrémités sont reliées par l'une des poutres qui supportent le plancher de la station, poutre faisant ainsi fonction de tirant (*fig. 12*).

Les diverses fermes sont réunies à partir d'une certaine hauteur par une série de poutres horizontales portant des chevrons sur lesquels porte la toiture : des tiges obliques reliant ces fermes assurent un contreventement énergique. La toiture s'appuie en outre sur des tympanes ornés en fonte portés par chaque ferme et se terminant sur les murailles qui limitent latéralement la gare. Sur la moitié de la hauteur environ, la toiture est constituée par des ardoises fixées sur un platelage en bois ; mais, dans la partie supérieure, un vitrage donne un éclairage considérable dans la gare. Ce vitrage est formé par des vitres fixées dans des châssis en bois, de manière à présenter transversalement des pentes dirigées alternativement dans un sens et dans l'autre. Chacune des lignes de faite ainsi déterminée présente dans toute son étendue une partie complètement ouverte, mais recouverte à distance d'une lame métallique recourbée, de manière à assurer une large ventilation, tout en empêchant la pluie de pénétrer dans la gare (*fig. 8 et 9*). Sur ce vitrage sont disposés des passages ou échelles qui permettent d'enlever ou de poser facilement une vitre en un point quelconque.

La plate-forme de la gare non-seulement est mise en communication avec l'étage inférieur comme nous l'avons dit et avec les rues avoisinantes par l'intermédiaire de la voie carrossable qui pénètre le long des quais ; mais, en outre, des dispositions spéciales ont été prises pour le débarquement direct du charbon à l'aide des appareils les plus perfectionnés tant sur Saint-Pancras Road et sur Cambridge Street que sur le canal voisin.

La surface couverte paraît plus considérable encore qu'elle ne l'est, par ce fait que rien n'obstrue la vue : cette gare n'est cependant pas la plus grande de celles

qui sont à Londres, comme le montre le tableau suivant :

NOM du chemin de fer.	NOM de la station.	SURFACE COUVERTE comprise entre les murs
		mètres carrés.
London and North Western.	Euston Station.	2.150
Great Northern.	King's Cross Station. . .	2.120
Midland.	Saint-Pancras Station. . .	1.750
South Eastern.	Cannon Street.	1.290
	Charing Cross Station. . .	825
Great Western.	Paddington Station. . . .	2.675
	Victoria Station environ.	3.715

La toiture est terminée à ses deux extrémités par deux panneaux vitrés ou écrans supportés par trois poutres horizontales à treillis de 1^m,80 de hauteur reliées entre elles et aux fermes extrêmes par des poutres verticales du même genre.

Le poids de l'une des fermes peut être évalué comme suit :

	tonnes.
Poids des retombées d'un arc.	19
Poids de l'arc en treillis.	35
Poids total.	54

Le prix peut s'établir de la manière suivante :

	francs.
Tôle de la ferme.	25.345
4 boulons d'amarrage.	1.225
4 pièces de fonte pour ancrage.	615
2 bases en fonte.	310
2 tympans ornés en fonte.	810
Total.	28.305

L'érection de la toiture s'effectua à l'aide de deux échafaudages en charpente formés chacun de trois parties susceptibles de se mouvoir séparément. Ces échafaudages, d'une grande solidité et qui avaient 12 mètres de large, contenaient environ 1.000 mètres cubes de bois et 80 tonnes de ferrures ; chacun d'eux pesait 580 tonnes à vide, et 650 lorsqu'ils portaient, avec deux fermes, les ouvriers et les appareils de levage nécessaires à la manœuvre. Le passage de ces échafaudages, qui se mouvaient à l'aide de

roues sur le plancher de la gare, constituait ainsi pour celui-ci une épreuve sérieuse de sa solidité.

Voici comment on procédait à la mise en place des fermes : les retombées des arcs (poutres tubulaires en tôle pleine) étaient d'abord mises en place à peu près, le mur en briques sur lequel elles devaient reposer étant maintenu à 0^m,90 en contre-bas de son niveau définitif. Ces retombées étaient alors fixées à leur position exacte à l'aide d'étais et de coins : on les rivait aux poutres transversales du plancher qui leur servent de tirants, puis le mur était continué jusqu'à sa hauteur en briques bleues du Staffordshire posées sur des lits de ciment de Portland. On procédait alors à la mise en place de la poutre en treillis qui était divisée en segments de 5^m,40 de longueur environ : ces pièces, portées par l'échafaudage, étaient mises en place provisoirement jusqu'à ce que la ferme fût complète. Ce n'était qu'alors, après avoir rectifié et assuré la position de chaque segment, qu'on les rivait entre eux et avec les anches ou autres pièces de la toiture.

Le temps nécessaire pour poser une ferme après que les retombées étaient fixées fut de six jours en moyenne : les quatorze dernières fermes furent posées en dix-sept semaines, y compris les retards occasionnés par les mauvais temps, le manque des approvisionnement, etc.

L'ajustement des diverses fermes fut très-satisfaisant : le plus grand abaissement constaté au sommet d'une ferme fut de 0^m,007, la moyenne de 0^m,005. Plusieurs fermes avaient été complètement posées avec la toiture et le vitrage avant que les murs ne fussent élevés à la hauteur qu'ils devaient avoir : dans ces conditions défavorables, on n'observa aucun mouvement sensible, bien que la construction ait eu à supporter plusieurs coups de vent assez considérables. Ces considérations firent renoncer à une épreuve directe de la toiture qui avait été spécifiée dans le cahier des charges.

Les fermes ont été calculées de manière à pouvoir supporter, outre leur poids, une charge de 340 kilog. par mètre carré en plan sans que la pression dépassât $4^k,8$ par millimètre carré, ou ce qui revenait au même, une charge de 272 kilog. par mètre carré en plan avec une pression maxima de $4^k,10$ par millimètre carré.

En faisant le calcul dans la première hypothèse et en remarquant que, aux naissances, la ligne de pression forme avec l'horizontale un angle de 55° , on trouve que la pression est de $4^k,6$ aux naissances et de $2^k,6$ seulement au sommet.

Le prix de la couverture peut s'évaluer ainsi :

Pour 25 fermes avec boulons de fondations, ancrage, etc.	francs. 707.975
Pour la couverture, vitrage, etc.	657.400
Pour les deux panneaux vitrés (écrans).	368.750
Total.	1.734.125

L'aire couverte en plan étant de 15.754 mètres carrés, la dépense rapportée au mètre carré est :

Pour 25 fermes, etc.	francs. 44,95
Pour la couverture, etc.	41,75
Pour les écrans.	23,40
Total.	110,10

Il convient de remarquer que le prix des poutres du plancher qui jouent le double rôle de supports de la plateforme et de tirants des fermes n'est pas compris dans cette évaluation : si elles n'avaient pas existé, les tirants qu'il eût fallu adopter eussent augmenté la dépense de $2^f,65$ par mètre carré.

Le projet de la toiture, qui est la partie importante de cette gare, est dû à M. W. H. Barlow, assisté de M. Ordish ; les bâtiments ont été construits sur les plans et sous la surveillance de M. Gilbert Scott ; enfin, les travaux d'érection des fermes et de la toiture ainsi que l'entreprise de cette

partie ont été exécutés par la Butterley Company, sous la direction de sir G. J. N. Alleyne.

Pour compléter cette étude sommaire, il convient d'indiquer au moins les motifs qui firent adopter les dispositions dont nous avons rendu compte.

L'espace à couvrir ayant une largeur de 72 mètres, on dut hésiter entre un comble sans points d'appui intermédiaire, ou un comble avec un point d'appui au milieu de l'intervalle. Cette dernière disposition aurait conduit à placer une rangée de colonnes dans l'axe de la gare : outre les inconvénients qui eussent été la conséquence de ces obstacles, en empêchant la construction d'une voie suivant l'axe de la gare, chaque colonne, par la place qu'elle occupe directement et par celle qu'il convenait de laisser libre alentour, eût perdu un espace notable, et l'on eût dû supprimer une voie ou diminuer la surface des quais.

Ces colonnes eussent présenté d'autres inconvénients non moins graves : il eût fallu les prolonger dans le rez-de-chaussée avec un diamètre supérieur à celui des autres colonnes ; les intervalles, calculés d'après les dimensions des barriques de bière, eussent été insuffisants dans le voisinage de ces colonnes qui eût présenté des parties non utilisables pour la manutention des marchandises ; d'autre part, un certain nombre de ces colonnes se fussent trouvées au-dessus du tunnel qui règne sous une partie de la gare : il eût fallu en ces points une plus grande résistance dans le tunnel. Au contraire, l'adoption des fermes sans point d'appui intermédiaire laissait libre la surface couverte tout entière, permettait telle disposition qui paraissait utile pour la répartition des quais et des voies ; tous les supports de l'étage inférieur pouvaient être d'un modèle unique, ce qui diminuait la dépense et facilitait les assemblages. D'autre part, l'augmentation de force, et par suite de prix résultant de ce projet, était contre-balancée par les avantages suivants : le rapport de la montée de l'arc à l'ou-

verture étant de $\frac{2}{5}$ au lieu de $\frac{1}{5}$ que l'on adopte le plus souvent, la poussée horizontale était considérablement diminuée (elle est à peu près la même pour cet arc de 72 mètres, avec une montée de 30 mètres que pour un arc de 36 mètres, avec une montée de 7^m,50); la naissance des fermes étant reportée au niveau de la plate-forme, les murs latéraux n'ayant pas à résister à la poussée au vide, pouvaient être moins épais ; les murs de fondation eux-mêmes ne se trouvaient pas soumis aux pressions alternatives résultant de l'action des variations de température sur les tirants, pressions qui ne sont jamais annulées malgré l'existence des rouleaux de dilatation : ici, la poutre qui fait fonction de tirant se trouvant enfouie sous le ballast, conserve toujours sensiblement la même température. Puis la ferme unique, faite en tôle avec rivets, est un travail courant analogue à celui des ponts de chemins de fer : elle économise les tirants en fer, bielles en fonte, les tendeurs à vis et autres pièces spéciales. On évitait également les gouttières, conduites et tuyaux divers qu'il eût fallu établir suivant l'axe de la toiture pour recueillir les eaux tombées sur la moitié du toit, soit sur 8.500 mètres carrés environ en plan.

Ces considérations parurent suffisantes pour faire adopter le projet de M. Barlow, avec fermes sans appuis intermédiaires : indépendamment de l'avantage qui résulte de ce que l'espace couvert est complètement libre, la comparaison faite avec quelques autres gares dans le tableau suivant montre que, relativement, le système employé à Saint-Pancrace n'est pas le plus coûteux.

NOM DE LA GARE.	PORTÉE.	PRIX par mètre carré moins les écrans (1).	PRIX par mètre carré pour un écran.
	mètres.	francs.	francs.
Cannon Street.	57,00	117,10	16,05
Charing Cross.. . . .	49,80	91,40	16,05
Saint-Pancrace.	72,00	84,10	11,70
New Lime Street Station.	63,60	80,65	•
Victoria Station, Great Western side.	36,00	74,30	Avec un écran.

(1) Le projet primitif de la gare de Saint-Pancrace ne comportait qu'un écran à l'extrémité sud, la toiture devant s'appuyer sur les bâtiments à l'extrémité opposée; mais, pour éviter que la vapeur et la fumée n'entrassent par les fenêtres dans ces bâtiments, l'architecte demanda qu'un second écran fût adapté à l'extrémité sud, ce qui conduisit en outre à admettre une ferme supplémentaire de ce côté (la 25°).

Ces comparaisons de prix ne fournissent pas une appréciation absolue d'un genre de construction: il y a des circonstances accessoires dont il faudrait pouvoir tenir compte et qui modifieraient les chiffres indiqués: variations de prix des matériaux, de la main-d'œuvre, différence dans la rapidité d'exécution, etc.

On arrive, suivant M. Barlow, à une appréciation plus exacte de la valeur d'une construction par la considération *des portées-limites* due à Rankine. Cet auteur fait remarquer que, partant d'une ferme ou d'une poutre donnée, supportant une charge déterminée, si l'on augmente la portée et proportionnellement toutes les dimensions, la section du métal croît comme le carré de la longueur, tandis que le poids de la poutre varie comme le cube, c'est-à-dire plus rapidement. Il arrive donc une longueur telle que, pour une résistance donnée du métal à la tension ou à la compression, la poutre ne peut que se soutenir elle-même sans supporter aucune charge: c'est cette longueur que Rankine appelle la portée-limite. Voici comment on peut la déterminer, par exemple.

Soient :

p le poids en tonne d'une poutre donnée;

l la portée correspondante;

π la charge que cette poutre peut porter pour un effort donné du métal ;

L la portée-limite.

Appelons p' le poids de la poutre pour la longueur L , on a :

$$\frac{p}{p'} = \frac{l^3}{L^3},$$

Soient s et s' les aires correspondantes du métal, on a de même :

$$\frac{s}{s'} = \frac{l^2}{L^2}.$$

Dans le cas de la portée l , l'effort du métal par unité de surface est :

$$\frac{p + \pi}{s};$$

dans le cas de la portée-limite, cet effort est :

$$\frac{p'}{s'}.$$

Si l'on veut que le métal travaille également dans les deux cas, on a :

$$\frac{p + \pi}{s} = \frac{p'}{s'};$$

mais $\frac{p}{s} \cdot \frac{s'}{p'} = \frac{l}{L};$ d'où $\frac{p'}{s'} = \frac{L}{l} \cdot \frac{p}{s},$

et par suite $\frac{p + \pi}{s} = \frac{p}{s} \frac{L}{l}.$

Donc la portée-limite est déterminée par la relation (*);

$$L = \frac{(p + \pi)l}{p}.$$

Le tableau suivant fait connaître les portées-limites pour un certain nombre des modèles les plus usités.

(*) Cette relation peut donner aussi le poids d'une poutre donnée, connaissant la longueur de la portée-limite $p = \frac{\pi l}{L - l}.$

DÉSIGNATION DU SYSTÈME.	EFFORT- limite de com- pression.	EFFORT- limite de tension.	PORTÉE- limite.
	kilog.	kilog.	mètres.
Poutre laminée : hauteur = $1/16$ de la portée. . .	6	8	152
Poutre à treillis : — — — . . .	6	8	163
— — — $1/12$ — . . .	6	8	204
— — — $1/10$ — . . .	6	8	233
Poutre à treillis continu (Boyne Bridge pattern).	?	?	270
Ferme en arc ordinaire pour toiture.	7 à 8	10 à 12	300 à 320
Ferme de la gare de Saint-Pancrace	4,3	"	311
— — — — —	5	"	330
— — — — —	5,4	"	386
Pont suspendu à chaîne : flèche = $1/10$ de la portée.	"	8	674
— à câble.	"	8	730
— — — — —	"	10	875

IV. — Tramways à voie entièrement métallique du port de Glasgow.

Le système de rails adopté pour les tramways et composé de bandes en fer fixées sur des longrines en bois, présente des inconvénients divers : d'une part, il est difficile de maintenir le rail au niveau du pavage ; d'autre part, les boulons ou crampons qui unissent les rails aux longrines doivent être resserrés de temps en temps, surtout aux joints, ce qui ne peut être fait qu'en enlevant le pavage ; puis les trous des boulons laissent passer l'eau qui y reste et rouille les boulons ou crampons.

On a cherché à diverses reprises, comme pour les chemins de fer, à construire des voies entièrement métalliques. Un système de ce genre a été appliqué sur le port de Glasgow, sur une longueur de 4.275 mètres environ, par les *trustees* de la Clyde : cette voie a été établie en 1872 sur le quai Sud ; et jusqu'en 1874, d'après MM. Poulet et Luneau, il n'y a eu aucune réparation à y faire, bien qu'elle reçût des wagons du chemin de fer et que le trafic y fût considérable : l'application de ce système sur les

lignes à établir sur les nouveaux quais est décidée, à ce qu'il paraît. Il peut n'être pas sans intérêt de faire connaître ce système, qui a donné des résultats satisfaisants à Glasgow.

Les rails, qui sont en fonte moulée en coquille, ont la forme d'un U renversé (\cap) et présentent une rainure sur la face supérieure ; ces fers ont une largeur de 0^m,254 (Pl. 3, fig. 17 et 18), leur hauteur est de 0^m,203, leur épaisseur de 0,018.

Ces dimensions sont plus considérables que celles qui conviendraient à un tramway ordinaire, parce que ces rails doivent supporter non-seulement les voitures à voyageurs, mais aussi les wagons à marchandise. Pour la même raison, la rainure a une largeur de 0,054, supérieure à celle des rails des tramways ordinaires.

Les rails ont une longueur de 1^m,52. Ils sont assemblés les uns aux autres à queue d'aronde, avec un certain jeu de manière à permettre leur libre dilatation, tout en s'opposant à la séparation de leurs extrémités.

Ces rails-longrines sont maintenus directement entre deux rangs de pavés ; ils reposent sur un lit de béton de 0^m,15 d'épaisseur sur 0^m,533 de largeur dont on fait refluer une partie à l'intérieur de la cavité du fer en U, ce qui contribue à maintenir latéralement la position du rail.

Le prix d'établissement de ce système est assez cher : pour les premières voies construites, ce prix a été de 34^f,35 le mètre courant (soit 17^f,17 le mètre courant de rail). Il paraît que les nouvelles voies qui doivent être établies coûteront davantage : le prix serait de 56 francs le mètre de voie, d'après le marché qui a été conclu en 1874.

Dans le cas où la voie devait être utilisée seulement pour des voitures à voyageurs, les dimensions des rails-longrines devraient être diminuées ainsi que la largeur de la rainure. Le prix serait moindre, mais il pourrait se faire que la stabilité du rail fût diminuée et que le système perdît ses avantages ; il est fâcheux qu'il n'y ait pas à cet

égard d'expériences concluantes : la compagnie des tramways de la ville de Glasgow a refusé d'appliquer ce système bien qu'elle eût sous les yeux les résultats satisfaisants fournis par les lignes du port.

V. — Bateau-porte de la nouvelle forme de radoub de Greenock.

La nouvelle forme du radoub du port de Greenock est fermée par un bateau-porte ou plutôt par un caisson roulant qui a été terminé en 1874 ; le modèle adopté devait être employé avec quelques légères modifications, par l'amirauté, à Portsmouth, dans de plus grandes dimensions.

La forme de radoub est fermée par un caisson en tôle, présentant une disposition générale analogue à celle des bateaux-portes, et jouant le même rôle sous le rapport de la fermeture (Pl. 3, fig. 1 et 2). Le mouvement de déplacement de ce caisson diffère seul de celui des bateaux-portes : ce caisson *abc* est porté par deux chariots *d*, *d'* roulant sur des rails placés sur une partie horizontale en contre-bas du seuil de la forme (fig. 5 et 6) : il peut se mouvoir parallèlement à lui-même dans le sens de la longueur, et venir se remiser dans une chambre *gh* pratiquée dans l'épaisseur du bajoyer et dont la longueur est égale à celle du caisson lui-même, de sorte que celui-ci y pénétrant entièrement démasque absolument l'entrée de la forme.

La portion inférieure du caisson *mnp*, limitée à la partie supérieure par une cloison qui la ferme hermétiquement, constitue une chambre à air étanche : les dimensions en ont été calculées de telle sorte que, à marée basse, la poussée exercée par l'eau sur le caisson soit peu inférieure au poids du caisson même. Il résulte de cette disposition que le système pèse peu sur les roues qui le supportent, et que l'on peut déterminer son déplacement à l'aide d'une force

relativement minime. Lorsque la mer monte, l'eau peu s'introduire dans l'intérieur des chambres supérieures du caisson, de telle sorte que la poussée reste constante et ne tend pas à soulever le caisson. Le caisson mis en place est calé à l'aide de comes mues par des vis : des fourrures en bois assurent l'herméticité de la fermeture.

L'ouverture de la fermeture de la passe s'obtient par le moyen d'une chaîne sans fin mue par un treuil (ou par tout autre moyen), de telle sorte que, à volonté, le caisson est placé en travers de la passe ou rentré dans la retraite ménagée dans le bajoyer. S'il était nécessaire de réparer la porte ou de la visiter, il suffirait de fermer les ouvertures o, o', o'' à l'aide de vannes disposées à cet effet : la mer montant et la forme étant pleine, le caisson viendrait à flotter, s'élèverait au-dessus du radier et pourrait facilement être conduit en un point où il serait possible de le mettre à sec.

Le caisson que nous venons de décrire sert en outre à établir une communication entre les deux bajoyers de la passe : il porte une voie charretière qui doit se trouver au niveau des quais avoisinants et se raccorder avec les voies établies sur ces quais. La chambre où s'engage le caisson est recouverte par un plancher fixe sur lequel passent les voitures, et c'est sous ce plancher que doit se placer le caisson entier. Pour arriver à ce résultat, le tablier qr du caisson est mobile, il est relié au caisson par l'intermédiaire de bielle, $ss', s, s',$, etc., articulées en $s, s',$ etc., de manière à constituer une série de parallélogrammes articulés qui permettent au plancher qr de se mouvoir parallèlement à lui-même ; quelques-unes de ces bielles se prolongent au-dessous de l'axe de rotation correspondant st , et pénétrant dans des chambres étanches spéciales, portent des contre-poids. Le système articulé ainsi constitué est donc facilement mobile : lorsque les bielles ss' sont verticales, le plancher est au niveau des quais ; si elles sont

suffisamment inclinées, le tablier qr et même les balustrades qui l'accompagnent s'abaissent assez pour pouvoir passer au-dessous du plancher uv , et permettre ainsi au caisson d'entrer sans difficulté dans la retraite gh .

Le mouvement du tablier qui l'amène à la position qu'il doit avoir peut s'obtenir de diverses manières : dans le projet étudié par l'amirauté pour le port de Portsmouth, la machine à pression d'eau qui produit le déplacement du caisson peut, par une transmission de mouvement spécial et un embrayage, produire également l'abaissement ou l'élévation du tablier. A Greenock, et c'est là un des points capitaux du système Kinipple, ces mouvements se produisent automatiquement. A cet effet les poutres q , r qui supportent le plancher sont terminées à leurs extrémités par des galets q , q' , r , r' . Ces galets s'appuient sur des pièces en fonte xx' , yy' dont les formes sont telles que lorsque le caisson s'avance dans un sens ou dans l'autre, ces galets sont poussés en haut ou en bas, entraînant avec eux le tablier du pont, de sorte qu'il s'élève jusqu'au niveau du quai lorsque le caisson vient à fermer la passe et qu'il s'abaisse jusqu'au-dessous du plancher uv lorsque celui-ci pénètre dans la chambre gfh .

Ce système de tablier mobile est intéressant : il permettrait le passage d'une voie ferrée aussi bien que d'une voie charretière, sans aucune dénivellation. Son inventeur, M. Kinipple, propose de l'appliquer à la construction de ponts bâtis sur un principe analogue à celui du caisson que nous venons de décrire et destinés à remplacer les ponts tournants, etc. Nous n'insistons pas sur cette application qui n'est qu'à l'état de projet ; le bateau-porte fonctionne, au contraire, et par cela même présente un certain intérêt.

(A continuer.)

Paris, 9 juillet 1875.

N° 2

ALIMENTATION EN EAU DU FORT SAINT-MICHEL, A TOUL.

NOTICE

Par M. A. PICARD, ingénieur des ponts et chaussées.

Exposé. — La place de Toul va être entourée d'une ceinture d'ouvrages extérieurs, dont l'un, actuellement en construction, est établi sur le mont Saint-Michel, au nord de la ville.

M. le colonel-directeur et M. le lieutenant-colonel, chef du génie (*), ont bien voulu nous demander notre concours pour l'exécution des travaux nécessaires à l'alimentation en eau de ce fort.

Les dispositions qui ont été adoptées pouvant présenter quelque intérêt à raison de la grande hauteur à laquelle les eaux ont été refoulées, nous venons, par la présente notice, faire connaître sommairement ces dispositions et les résultats qu'elles ont donnés.

CHAPITRE I.

ÉVALUATION DES BESOINS ET CHOIX DU MODE D'ALIMENTATION.

Évaluation des besoins. Besoins pendant la construction. — Pendant la construction, il fallait pourvoir à l'alimentation :

Des ouvriers ;

Des chevaux employés aux transports ;

De la machine fixe à vapeur, au moyen de laquelle s'ef-

(*) M. le colonel Maritz et M. le lieutenant-colonel Peaucellier.

fectue la traction sur le plan incliné, installé pour élever les matériaux du pied au sommet du Saint-Michel ;

Des machines locomobiles employées à la confection du mortier et du béton et au bardage des matériaux ;

Des chantiers pour l'extinction de la chaux, l'arrosage des moellons en été, le lavage des pierres cassées ou du gravier entrant dans la composition du béton, etc.

La reproduction des évaluations détaillées qui ont été faites à cet égard ne pouvant présenter aucun intérêt, nous nous bornerons à faire connaître le chiffre total, fixé à *60 mètres cubes par jour*, c'est-à-dire à *0^m,7 par seconde*.

Besoins après l'achèvement des travaux. — Après l'achèvement des travaux, il fallait assurer l'alimentation de la garnison qui occupera le fort.

En admettant que cette garnison ait un effectif maximum de 1.000 hommes, et en attribuant 20 litres par jour à chaque homme, la consommation quotidienne ne dépassera pas 20 mètres cubes et sera, par suite, de beaucoup inférieure à celle des ateliers de construction.

Chiffre admis comme base des installations. — On a donc pris pour base des installations le volume de 60 mètres cubes par jour, reconnu nécessaire pour la période d'exécution.

On disposera ainsi, plus tard, d'un excédant de ressources qui pourra être utilisé :

Pour l'alimentation d'une batterie voisine située en contre-bas du Saint-Michel et où les eaux seraient amenées par un siphon ;

Pour la transformation du plan incliné en plan automoteur et l'élévation économique du matériel, des munitions et des approvisionnements.

Ressources à proximité du Saint-Michel et choix du mode d'alimentation. — *Sources à flanc de coteau.* — Le mont Saint-Michel est un mamelon détaché ; à son sommet et

, affleure le calcaire corallien à astartes; sa base est dans l'étage des marnes oxfordiennes.

Des sources jaillissent à flanc de coteau, au point de séparation des terrains supérieurs perméables et des terrains inférieurs imperméables. L'eau qu'elles fournissent est très-limpide et de bonne qualité. On a dû toutefois renoncer à les utiliser :

1° Parce qu'elles étaient déjà partiellement captées pour l'alimentation de la ville de Toul;

2° Parce que leur débit aurait été insignifiant en été, c'est-à-dire à l'époque où les chantiers sont précisément en pleine activité et consomment le plus d'eau;

3° Parce qu'elles sont disséminées et situées à un niveau sensiblement inférieur à celui du plateau, et qu'en conséquence leur captation et le transport de leur produit sur les chantiers auraient exigé des installations considérables et nécessité de grandes dépenses.

Prises d'eau dans la vallée. — Les sources à flanc de coteau étant ainsi écartées, il fallait prendre les eaux dans la vallée.

On pouvait les emprunter :

Soit à l'Ingressin, en amont de la place;

Soit au canal de la Marne au Rhin, également en amont de Toul, au point le plus rapproché du sommet du Saint-Michel;

Soit à la rivière de Moselle.

C'est cette dernière solution qui a été adoptée, parce qu'elle offrait l'avantage :

De donner de l'eau de meilleure qualité;

De ne porter aucun préjudice à l'alimentation du canal de la Marne au Rhin;

Enfin et surtout, comme nous l'expliquerons dans la suite de la présente notice, d'utiliser une force hydraulique suffisante pour assurer le refoulement de l'eau au sommet

du plateau, tandis que les autres solutions rendaient à peu près inévitable l'emploi de machines à vapeur.

Toutefois, afin de rapprocher la prise d'eau du Saint-Michel et de faciliter la création de la chute motrice, on a établi les ouvrages, non pas sur la Moselle même, mais sur la rigole navigable qui relie la rivière au canal, en un point où les eaux venant de la Moselle ne se sont pas encore mélangées aux eaux de qualité inférieure venues des biefs supérieurs du canal.

Dispositions générales adoptées pour l'alimentation. — Une pompe à double effet aspire l'eau dans la rigole et la refoule dans une conduite forcée en fonte qui la porte sur la crête du Saint-Michel.

Cette pompe est mue par une turbine actionnée elle-même au moyen des eaux de la Moselle, amenées par la rigole et jetées dans un contre-fossé latéral, d'où elles retournent à la rivière.

Les machines sont installées dans un bâtiment élevé sur la gauche de la rigole, à 20 mètres en amont du canal de la Marne au Rhin.

Quelques ouvrages accessoires complètent l'installation, au sujet de laquelle nous allons donner des détails aussi succincts que possible.

CHAPITRE II.

CONDUITE ASCENSIONNELLE.

Longueur. — La prise d'eau est établie, à vol d'oiseau, à une distance horizontale de 1.500 mètres du plateau.

La conduite n'ayant pu être placée complètement en ligne droite et présentant d'ailleurs une inclinaison notable, a une longueur effective de 1.775 mètres environ.

Hauteur de refoulement. — Le plan d'eau de la rigole

anal de la Marne au Rhin, est à 203 mètres au-dessus du niveau de la mer (en nombre rond).

L'altitude du plateau est de 385 mètres.

La hauteur utile de refoulement est donc de 180 mètres.

Pression à la base de la conduite. — Si à cette hauteur on ajoute les pertes de charge dues au frottement des filets liquides entre eux et contre les parois de la conduite, aux changements de direction dans les coudes, au passage des robinets, etc..., soit environ 5 mètres, on voit qu'en réalité la conduite est soumise à sa base à une pression permanente et normale de 18 atmosphères.

Cette pression, déjà si considérable, peut encore être accrue exceptionnellement par suite des coups de bélier et atteindre ainsi 20 atmosphères.

Tracé en plan. — La conduite part du bâtiment des machines, longe la rigole jusqu'au canal, qu'elle franchit dans un caisson adapté au poutrage du pont sur l'écluse 27, suit l'accotement d'un chemin rural jusqu'à la route départementale, n° 3, de Verdun à Épinal, traverse cette route, puis le chemin de fer de Paris à Strasbourg, sous le viaduc établi à la rencontre de ces deux voies de communication, s'infléchit à gauche pour suivre un chemin d'exploitation jusqu'à mi-côte, et quitte enfin ce chemin pour se diriger en ligne droite, à travers les vignes, vers le sommet du Saint-Michel.

Dans le tracé que nous venons de décrire très-sommairement, on s'est écarté assez sensiblement de la ligne droite :

1° Pour franchir économiquement et sans ouvrages spéciaux, le canal de la Marne au Rhin et le chemin de fer de Paris à Strasbourg ;

2° Pour utiliser autant que possible les chemins publics, réduire ainsi le montant des indemnités à payer aux propriétaires des vignes qui couvrent le coteau et faciliter la surveillance et l'entretien ultérieurs.

Profil en long. — Le profil en long de la conduite épouse la forme générale du terrain.

On a cherché à y éviter les contre-pentes. Elle ne présente qu'un point haut, qui était inévitable, à la traversée du canal.

Son inclinaison, généralement faible à la base, s'accroît à mesure que l'on s'approche du plateau et atteint, près de la crête, 0^m,50 par mètre.

Profondeur de la conduite au-dessous du terrain naturel. — L'axe de la conduite a été placé au minimum à 1^m,25 en contre-bas du sol.

Cette profondeur considérable est justifiée par la nécessité :

1° De mettre la conduite à l'abri des froids très-intenses qui règnent sur le sommet et les flancs du Saint-Michel ;

2° Et surtout de la protéger contre l'action des projectiles, en cas de guerre.

Nature des tuyaux. — Les tuyaux sont en fonte ; il ne pouvait y avoir, au cas particulier, aucune hésitation sur le choix de ce métal.

Diamètre des tuyaux. — Le diamètre intérieur des tuyaux est de 0^m,06. Il est beaucoup plus que suffisant pour assurer l'écoulement de 0^m,7 par seconde ; mais, en le réduisant, on se serait exposé à voir la conduite s'obstruer, au bout de quelques années, par les dépôts calcaires ou les tubercules ferrugineux qui s'y formeront inévitablement.

Nous ne saurions trop insister sur ce danger d'obstruction dont les architectes du département de Meurthe-et-Moselle ne se préoccupent pas en général dans les travaux qu'ils exécutent pour les communes, et qui donne lieu à tant de mécomptes.

Perte de charge par mètre courant. — La vitesse de l'eau dans les tuyaux, pour un débit de 0^m,7 par seconde, est de 0^m,25 environ.

pondante est, d'après les tables de M. l'inspecteur général Mary :

De 0^m,0017 par mètre linéaire de tuyau.

Et de 5^m,018 pour toute la conduite.

Épaisseur des tuyaux. — On a attribué aux tuyaux droits :

1° Pour la moitié supérieure de la hauteur, c'est-à-dire entre les cotes (295) et (385), une épaisseur de 0^m,0065, chiffre généralement admis dans la fabrication courante du pays;

2° Pour la moitié inférieure, appelée à supporter des pressions plus considérables, c'est-à-dire entre les cotes (205) et (295), une épaisseur de 0^m,0085.

Ces épaisseurs sont, comme toujours, de beaucoup supérieures à l'épaisseur théorique nécessaire pour assurer la résistance de la conduite, en supposant le métal homogène et imperméable.

Mais elles étaient indispensables en pratique, tant au point de vue du coulage de la fonte qu'au point de vue de son étanchéité.

Elles sont d'ailleurs augmentées d'un cinquième dans les coudes, qui sont plus difficiles à couler et dont les parois sont toujours plus irrégulières.

Nature des joints. — La pression exceptionnelle à laquelle les joints devaient être soumis, sur la plus grande partie du développement de la conduite, nous avait inspiré les plus sérieuses inquiétudes.

Nous avons donc cru devoir, par mesure de prudence, faire des expériences préalables, à la presse hydraulique, sur des joints de diverses espèces. Ces expériences nous ont convaincu :

Que de tous les joints en usage, le meilleur était le joint *emboîtement* ;

Et que ce joint, pourvu qu'il fût fait avec beaucoup de

soin, pouvait résister à des pressions s'élevant jusqu'à 40 *atmosphères*, sans donner de suintement appréciable.

Nous l'avons donc adopté, en attribuant à la bague une longueur de 0^m,05 et une épaisseur de 0^m,01.

Ce joint est trop connu pour qu'il soit utile de le décrire; nous nous bornerons à faire connaître les précautions spéciales qui ont été prises. Ces précautions ont consisté :

1° A bien accuser la rainure annulaire ménagée sur la face interne des emboîtements;

2° A employer, pour le matage du plomb, un ciseau un peu tranchant répartissant les efforts de l'ouvrier sur des surfaces plus faibles qu'à l'ordinaire, et assurant ainsi un martelage plus complet et plus énergique;

3° A prolonger la durée de ce matage;

4° A payer le plomb au poids, afin d'éviter que les poseurs ne le ménageassent à l'excès, comme cela a lieu trop souvent lorsqu'on traite avec un entrepreneur, moyennant un prix à forfait par joint.

Les emboîtements ont été naturellement dirigés vers le sommet de la conduite pour permettre la confection des joints et mieux assurer leur conservation.

Joints exceptionnels. — On a dû intercaler dans la conduite quelques joints à *bride* :

D'une part, pour y adapter des robinets;

D'autre part, pour faciliter le démontage partiel de la conduite en cas de besoin.

Mais on a eu beaucoup de peine à les rendre étanches; il a fallu, vers la base du Saint-Michel, employer à cet effet du caoutchouc ou du mastic au minium.

Robinets. — La conduite est munie :

1° A sa base, d'un robinet d'arrêt destiné à l'isoler du réservoir d'air et de la pompe, lorsqu'on arrête la machine;

2° En deux points bas, de robinets de décharge destinés à en assurer la vidange complète en cas de besoin ;

3° En un point haut, d'un robinet-ventouse, permettant à l'air de s'échapper quand on met la conduite en charge ;

4° En divers autres points, échelonnés à 500 mètres d'intervalle environ l'un de l'autre, de robinets d'observation, destinés à circonscrire les fouilles de recherche, au cas où des fuites viendraient à se produire (*).

La hauteur considérable à laquelle les eaux sont refoulées nous a déterminé à employer exclusivement des robinets-vannes, du type en usage à Paris.

Celui qui fait office de clapet d'arrêt est placé dans l'axe de la conduite, les autres le sont latéralement ; ils sont adaptés à un tuyau spécial à trois branches.

Regards. — Les robinets sont enfermés dans des regards maçonnés, fermés par une trappe et recouverts de terre pour les protéger contre le froid et l'action des projectiles.

Ces regards sont percés d'un orifice permettant à l'eau de s'écouler, soit dans des fossés, sur les points où il en existe, soit dans de petits puits perdus, soit simplement dans le sol, lorsqu'il est suffisamment fendillé.

CHAPITRE III.

POMPE.

Description générale. — La pompe est horizontale, à double effet, du modèle Girard (Pl. 1, fig. 4, 5 et 6).

Elle se compose de deux corps à simple effet, placés en

(*) Lorsqu'un accident de cette nature se produit, il suffit d'ouvrir successivement les robinets en partant de la base de la conduite. Les fuites se trouvent évidemment entre le dernier robinet donnant un débit normal et le robinet suivant.

On peut même, avec quelque habitude, apprécier assez exactement le point précis où les réparations doivent être exécutées, d'après la force jaillissante de l'eau au premier de ces robinets.

prolongement l'un de l'autre, et dans lesquels se meut un piston plongeur animé d'un mouvement alternatif.

A chacune de ses extrémités, elle porte deux soupapes, l'une d'aspiration et l'autre de refoulement.

Les deux soupapes d'aspiration communiquent par une culotte avec un tuyau unique plongeant dans le bief d'امت.

Les deux soupapes de refoulement communiquent de même par une culotte avec un tuyau unique aboutissant au réservoir d'air.

Un clapet d'arrêt est interposé entre ce réservoir et la culotte de refoulement, pour les isoler pendant que le piston franchit les points morts, ou au moment des arrêts de la pompe.

La pompe est portée, ainsi que l'un des paliers de l'arbre de la transmission de mouvement, par un bâti en fonte reposant sur un massif de pierre de taille.

Corps de pompe. — Les corps de pompe sont en fonte; leur épaisseur est de 0^m,018.

A l'une de leurs extrémités, ils sont fermés par un plateau solidement boulonné sur une nervure.

A l'autre extrémité, ils portent un stuffing-box, dans lequel se meut le piston; ce joint, très-sensible, peut se serrer ou se desserrer avec la plus grande facilité, de manière à empêcher les fuites, tout en évitant un frottement trop considérable,

Piston. Produit de la pompe. Vitesses. — Nous rappelons que la pompe est à piston plongeur.

Ce système a, sur l'emploi du piston ordinaire, le triple avantage :

De donner un contact plus parfait du piston et de la garniture à travers laquelle il se meut, attendu qu'il est plus facile d'aléser un corps convexe qu'un corps concave ;

De révéler immédiatement les fuites qui peuvent se produire autour du piston ;

es fuites beaucoup plus fa-
la garniture.

e 0",08; sa course est de
ble, un volume de 0^m°,0025.
nt en eau de la pompe soit
es fuites entre le piston et
trées d'eau par les clapets
refoulé par tour dans la
2^l,25.

ute de 18 à 19 coups dou-
nde.

est alors de $\frac{0^m,0007}{\pi \times 0,04^2} =$

d'articulation de la bielle
i mouvement uniforme, la
sant la vitesse moyenne par
chiffre inférieur aux limites
aujourd'hui dans les grands

onze; il porte à son extré-
elle et passant à travers un

dans toutes les pompes, les
plus difficiles à bien établir.

nent de leur ouverture, des
ble à celle du piston, de
rusques de vitesse de l'eau
table des pertes de charge

2° Qu'ils s'ouvrent et se ferment très-rapidement et sans chocs, au moment du changement de marche du piston, de manière à éviter les retours d'eau refoulée et à réduire au minimum les espaces nuisibles.

Ces deux conditions sont difficiles à remplir simultanément. La première, en effet, conduit à donner aux clapets un diamètre et une course considérables; la seconde, au contraire, conduirait à diminuer ces dimensions.

Les constructeurs ont imaginé, pour y satisfaire, des dispositions fort ingénieuses, mais qui laissent toutes plus ou moins à désirer, soit au point de vue de leur efficacité, soit surtout au point de vue de leur simplicité.

Au cas particulier, eu égard à la faible vitesse du piston, on a cru devoir adopter le type simple que représentent la *fig. 7*.

Les clapets de la pompe de Toul se composent donc essentiellement d'un disque circulaire en bronze, garni d'une rondelle de cuir à sa partie inférieure, reposant sur un siège en fonte et surmonté d'une tige en bronze glissant dans un cylindre creux ou guide de même métal.

Les soupapes d'aspiration s'ouvrent sous l'action de la pression atmosphérique, les soupapes de refoulement s'ouvrent sous l'action de la compression de l'eau par le piston; les unes et les autres se ferment par l'action d'un ressort logé dans l'intérieur du clapet.

Le diamètre du siège est de $0^m,04$; la course des clapets est de $0^m,0125$; la surface d'écoulement qu'ils découvrent est donc de $0^m^2,0015$, et la vitesse moyenne de l'eau y est de $0^m,47$.

Bien que cette vitesse soit de beaucoup supérieure à celle de l'eau dans la pompe, elle n'est pas assez élevée pour produire des chocs appréciables.

On peut s'en rendre compte par un calcul fort simple, que nous allons indiquer pour le refoulement.

U PORT SAINT-MICHEL.

e des clapets;
 uyaux d'aspiration et de
 orifices en mince paroi
 par l'eau;

pose :
 de l'orifice découvrir

$$, \frac{(u' - u)^2}{2g};$$

$$)^2 + \frac{(u' - u)^2}{2g} (*).$$

respondante, pendant
 pression, d'après le t

100 $Q\zeta dt$.

pressions les lettres p

. . . . 0^m,0047 seulem
 3. . . . 0^m,0088 dt —

ont été pleinement c
 as produit de choc ap
 n a cru devoir maint

re considérée que comm
 de formules plus exacte

course réduite, que l'on pouvait augmenter à volonté en recoupant les tiges verticales.

Grâce à cette disposition, leur ouverture et leur fermeture sont pour ainsi dire instantanées, tout en s'effectuant avec une douceur suffisante (*).

Notons, en terminant ce que nous avons à dire sur les clapets, qu'ils sont placés dans des boîtes à fond mobile, venues de fonte avec les corps de pompe et permettant de les visiter et de les réparer facilement.

Culotte et tuyau d'aspiration. — La culotte et le tuyau d'aspiration ont un diamètre intérieur de 0^m,05 ; la vitesse moyenne de l'eau y est de 0^m,35.

La hauteur d'aspiration ne dépasse pas 1 mètre en nombre rond ; la pompe de Toul est à cet égard dans une situation excellente : on sait, en effet, que si la colonne d'aspiration a à parcourir une hauteur trop considérable, elle n'arrive pas assez rapidement pour suivre le piston et qu'il en résulte non-seulement une réduction de débit, mais encore des chocs violents au retour du piston.

L'aspiration a lieu par une crépine empêchant l'introduction des corps étrangers qui auraient des dimensions suffisantes pour troubler le fonctionnement de la machine ou donner lieu à des accidents.

Culotte et tuyau de refoulement. — La culotte de refoulement et le tuyau qui y fait suite jusqu'au réservoir ont 0^m,05 de diamètre intérieur.

Un clapet d'arrêt est disposé, ainsi que nous l'avons dit

(*) Les constructeurs ont l'habitude d'attribuer une certaine importance au développement linéaire du contour d'écoulement des soupapes et d'admettre comme convenable une longueur de 0^m,06 au moins par litre débité à la seconde. (Voir un mémoire de M. Harlé, inspecteur général des mines, *Annales des mines*, 1885, et l'ouvrage de M. Gécardin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sur l'établissement hydraulique de Condé, page 191.)

Nous croyons donc devoir faire connaître que les soupapes de la pompe de Toul présentent un contour de près de 0^m,18 par litre.

ure le réservoir d'air, pour isoler

le la pompe, avec les plateaux
des des chapelles des clapets, et
on et de refoulement, ont été en
ic; ce système a paru donner de
emploi du mastic au minium.

iel que la pompe et toutes les
eussent une fixité parfaite; la
t rapidement disloqué les joints
plus que jamais indispensable à
ceptionnelle à laquelle ils sont

ls ont été adaptés à un bâti en
giquement relié au moyen de
e pierre dure qui pèse 3.750 kilo-
i-même sur une bonne fondation.

PITRE IV.

TURBINE.

gole navigable de Toul est longée,
entre-fossé ou ruisseau, dit de la

ssé est à 2^m,60 en contre-bas du
correspondant à un mouillage de
llement à sec; après les orages
débordements extraordinaires de

la Moselle, il livre passage à une lame d'eau de 1^m,20 de
hauteur au maximum.

te ainsi entre la rigole et le contre-fossé une chute
a utilisée :

ablissant un aqueduc de prise d'eau sous la levée

de la rigole, et en empruntant, par cet aqueduc, le volume d'eau nécessaire ;

En jetant cette eau, par l'intermédiaire d'une turbine, dans le contre-fossé, d'où elle s'écoule vers le vieux lit du ruisseau de l'Ingressin et, de là, retourne à la Moselle.

L'eau motrice n'occupant pas, dans le contre-fossé, à sa sortie de la turbine, une hauteur de plus de 0^m,60, la chute disponible est de 2 mètres, en temps ordinaire.

Cette chute peut être accidentellement réduite à 1^m,40, à l'époque des grandes pluies et des débordements.

Travail effectif à produire. — Le volume d'eau à fournir au Saint-Michel étant de 0^l,7 par seconde, et la hauteur de refoulement étant de 185 mètres (y compris les pertes de charge), le travail effectif à produire est de 130 kilogrammètres par seconde, représentant une force de 1^{cheval},75.

Travail brut de la chute. — Par suite, en admettant pour l'ensemble des appareils un rendement total de 0,50, le travail brut de la chute devra être de 260 kilogrammètres par seconde, correspondant à une force de 3^{chevaux},50.

Dépense d'eau motrice. — La dépense d'eau motrice, par seconde, sera en conséquence :

De 130 litres en temps ordinaire,

Et de 185 litres à l'époque des hautes eaux.

Nature de la turbine. — Les données principales ayant servi de base à l'étude de la turbine étant connues, nous allons la décrire sommairement (*fig. 6*).

Elle est du type Fontaine Baron, modifié par Girard et désigné par ce constructeur sous le nom de turbine « *à libre déviation et à veine détachée* ».

Elle se compose essentiellement :

D'une couronne fixe ou *distributeur*,

Et d'une couronne mobile ou *récepteur*, qui est fixée sur un arbre creux suspendu à sa partie supérieure et tournant autour d'un axe fixe.

la dépense d'eau, suivant

servant de distributeur est

en fonte (fig. 8, 9 et 10).

Elle a 1 mètre de diamètre moyen.

Son ouverture, mesurée dans le sens du rayon, est de 0^m,08.

Afin de réduire les frottements et les pertes de charge de l'eau au passage dans les injecteurs, on ne lui a attribué qu'une hauteur de 0^m,065 ; cette hauteur est d'ailleurs suffisante pour imprimer à la veine liquide la direction qu'elle doit avoir à son entrée dans le récepteur.

Elle livre passage à l'eau sur deux quadrants opposés par le sommet : chacun de ces quadrants est divisé en 15 injecteurs par des cloisons directrices affectant sensiblement la forme d'un hélicoïde dont la génératrice décrirait les courbes indiquées aux fig. 9 et 10 en s'appuyant sur l'axe et en restant horizontale.

La courbure des cloisons est très-forte au sommet et à peu près nulle à la base, de manière à bien diriger la veine ; leur inclinaison sur l'horizon, dans le plan de la face inférieure de la couronne, est de 32° en moyenne.

La largeur des injecteurs, mesurée horizontalement sur le cylindre moyen, est de 0^m,05 en nombre rond.

Récepteur. — La couronne servant de récepteur est en fonte.

Elle a 1 mètre de diamètre moyen.

Son ouverture est de 0^m,08 au sommet et de 0^m,29 à la base.

Sa hauteur est de 0^m,11.

Elle est ouverte sur tout son pourtour et divisée par des aubes hélicoïdales en 60 orifices correspondant exactement aux injecteurs.

L'angle formé par les aubes avec le plan horizontal est en moyenne ;

De 58° au sommet,

Et de 24° à la base.

Elles sont taillées en biseau à leur partie supérieure de manière à éviter les pertes de charge et de force vive qu'entraînerait nécessairement la division de la veine par des cloisons épaisses.

Le récepteur est caractérisé :

1° Par son grand évasement transversal du sommet à la base ;

2° Par les ouvertures ménagées dans les parois latérales de la couronne.

L'évasement transversal a les avantages suivants :

1° Il compense le rapprochement inévitable des aubes à leur partie inférieure.

2° Il permet d'accuser davantage ce rapprochement, de réduire par suite l'angle de sortie de la veine, de ne lui conserver ainsi qu'une vitesse absolue peu considérable et d'améliorer le rendement.

3° Il détache la veine de la paroi convexe pour la porter exclusivement contre la paroi concave.

4° Il permet de réduire la largeur des orifices injecteurs, de diminuer ainsi l'épaisseur des cloisons directrices et de supprimer les chocs et les perturbations auxquels donne lieu une division excessive de la veine par des cloisons épaisses.

Les orifices ménagés dans les parois de la couronne près de la face convexe des aubes, ont pour objet :

1° De s'opposer à un abaissement de la pression de l'air entre ces parois et la veine liquide, abaissement qui se traduirait par une aspiration d'eau et par un engorgement du récepteur ;

2° De permettre accessoirement l'échappement latéral de l'eau, au cas où son dégagement à la base deviendrait trop difficile pour une raison quelconque.

Axe. — L'axe se compose (fig. 6) :

qui repose à sa base sur un coussinet en fonte adapté au radier du puits de la turbine, et qui porte à sa partie supérieure une crapaudine en bronze avec grain d'acier et godet graisseur ;

D'un arbre extérieur creux et mobile, en fonte, qui est solidaire avec le récepteur et qui est suspendu sur un pivot tournant dans la crapaudine de l'axe central.

Ce pivot est fileté sur une partie de sa hauteur et porte un écrou qui permet de l'élever ou de l'abaisser et de régler ainsi, à volonté, le niveau du récepteur.

Des dispositions de détail, dont l'examen n'entre pas dans le cadre de la présente notice, facilitent la visite et l'enlèvement du pivot ou de la crapaudine, sans démonter la turbine.

L'arbre mobile tourne, à sa partie supérieure, dans un palier en fonte avec coussinet en bronze, et à sa partie inférieure, dans une bague en bronze adaptée au distributeur et surmontée d'un joint à étoupes que l'on peut régler de manière à éviter les fuites.

Vannage. — Le vannage consiste en un papillon circulaire susceptible de glisser dans une rainure ménagée sur la face supérieure du distributeur et de masquer ou démasquer ainsi autant d'orifices qu'il est nécessaire, en tournant autour de l'arbre de la turbine.

Les injecteurs découverts remplissent toujours deux angles opposés par le sommet, de manière à éviter les efforts latéraux qui se produiraient sur l'arbre, sans cette disposition.

Pour mouvoir le vannage, on imprime un mouvement de rotation à un pignon d'angle établi au-dessus du puits ; ce premier pignon engrène avec une roue horizontale montée sur un axe qui tourne dans une crapaudine ménagée sur le distributeur et qui porte un second pignon, lequel engrène lui-même avec une crémaillère fixée au papillon.

Un compteur indique le nombre d'injecteurs découverts.

Le vannage à papillon a l'inconvénient de ne pas permettre de garnir d'aubes le distributeur sur plus de la moitié de son pourtour.

Mais en revanche il a l'avantage :

De laisser entièrement découverts les injecteurs appelés à donner de l'eau à la turbine et d'éviter ainsi les pertes de charge résultant nécessairement d'une obturation partielle de ces injecteurs ;

De chasser facilement ou de couper les corps étrangers qui auraient pu s'introduire sur la couronne fixe ou dans les injecteurs.

Il constitue, à notre avis, un excellent vannage à tous égards.

Vitesse de rotation de la turbine. — La transmission de mouvement, mettant en communication la turbine et la pompe, réduit de moitié la vitesse de rotation.

La turbine doit faire, en conséquence, 37 tours par minute environ.

La vitesse absolue des points situés sur la circonférence moyenne du récepteur est donc de $\frac{\pi \times 37}{60} = 1^m,95$, soit en nombre rond 2 mètres.

Vitesse absolue de l'eau à la sortie. — En désignant par :

α, β, γ , les trois angles indiqués ci-contre ;

V, V' , la vitesse absolue de l'eau à l'entrée et à la sortie du récepteur ;

u, u' , la vitesse relative de l'eau à l'entrée et à la sortie du récepteur ;

v , la vitesse absolue de rotation des points situés à 1 mètre de distance de l'axe ;

h, H , la hauteur du récepteur et la hauteur utile de chute,

et en remarquant :

1° Que la vitesse absolue est la résultante de la vitesse relative et de la vitesse d'entraînement ;

absolue est tangentielle au dernier élément des cloisons directrices des injecteurs ;

3° Qu'à la sortie, la vitesse relative est tangentielle au dernier élément des aubes ;

4° Que la vitesse absolue à la sortie du distributeur n'est guère que des trois quarts de la vitesse théorique due à la charge sur la face inférieure du distributeur par suite du frottement contre les parois des injecteurs,

On a les relations :

$$V = 0,75\sqrt{2g(H-h)} \quad (1)$$

$$u^2 = V^2 + v^2 - 2Vv \cos \alpha \quad (2)$$

$$u'^2 = u^2 + 2gh \quad (3)$$

$$V'^2 = u'^2 + v^2 - 2u'v \cos \gamma \quad (4)$$

En substituant aux lettres leurs valeurs dans ces formules, on trouve pour V' : 2 mètres, valeur correspondant à une hauteur de chute de 0^m,22.

Rendement théorique. — Le rendement théorique est donc, dans les circonstances ordinaires, de $\frac{2,00 - 0,22}{2} = 0,89$, soit 0,90.

Proportion de l'admission partielle et augmentation possible du volume d'eau refoulé au Saint-Michel. — Si l'on représente par :

- ω , la section horizontale d'un injecteur ;
- n , le nombre d'injecteurs découverts ;
- m , un coefficient de réduction ;
- H et h , les mêmes quantités que ci-dessus,

le débit du distributeur est exprimé par :

$$Q = mn\omega \sin \alpha \sqrt{2g(H-h)}. \quad (5)$$

Au cas particulier, en remplaçant :

- ω , par sa valeur 0^m,0042 ;
- n , — 32 ;
- m , par 0,62, chiffre très-faible, de beaucoup inférieur à celui

que l'on admet habituellement, mais s'expliquant par la section réduite des injecteurs et les frottements qui en sont la conséquence, et résultant d'ailleurs d'expériences directes,

on trouve qu'il suffit d'ouvrir :

En temps ordinaire.	16 ou 18 injecteurs;
En hautes eaux.	26 à 28 —

Que, par suite, on peut sans difficulté porter au besoin, pendant la plus grande partie de l'année, à plus de 1 litre par seconde le débit de la pompe;

Que l'on peut même, à l'époque des pluies et des débordements, donner un peu plus de 0^m,7 par seconde au Saint-Michel.

CHAPITRE V.

TRANSMISSION DE MOUVEMENT. — RÉSERVOIR D'AIR.

Transmission de mouvement. — Le mouvement de la turbine est transmis ainsi qu'il suit à la pompe (fig. 4 et 5) :

Un pignon d'angle de 0^m,40 de diamètre est monté à la partie supérieure de l'arbre de la turbine ; il engrène avec une roue d'angle de 0^m,80 de diamètre calée à l'une des extrémités d'un arbre horizontal. Cet arbre, porté par deux paliers, dont l'un est placé au-dessus du puits de la turbine, et dont l'autre est solidaire avec le bâti de la pompe, entraîne dans son mouvement un plateau compensateur, muni d'un bouton auquel est articulée une bielle de 0^m,60 de longueur qui commande la tige du piston plongeur de la pompe.

La distance du bouton au centre du plateau est de 0^m,125 (représentant la demi-course du piston), c'est-à-dire du cinquième environ de la longueur de la bielle.

La tige du piston porte, à son point d'articulation avec

neut sur des glissières adaptées

is venons de décrire sommaire-
positions particulières sur les-
er. Nous nous bornerons à faire
ué à la manivelle ordinaire un

plateau armé d'un contre-poids qui équilibre le bouton et la bielle et qui, accessoirement, facilite un peu le passage aux points morts.

Réservoir d'air. — Afin de régulariser le mouvement ascensionnel de l'eau et surtout d'uniformiser la résistance opposée au mouvement du piston, on a eu soin, suivant l'usage, d'établir un réservoir d'air à l'origine de la conduite et très-près de la pompe.

Ce réservoir est en fonte, il affecte la forme d'un cylindre couronné d'une calotte hémisphérique. Il est solidement fixé sur une pierre de taille d'un poids considérable.

Un tube en verre indique le niveau auquel l'eau s'y élève.

Il est mis en communication par un tube avec un manomètre Bourdon qui sert :

A faire connaître la marche d'ascension de l'eau, lorsqu'on met la conduite en charge ;

A donner des indications sur les variations de la pression pendant la marche de la pompe ;

Enfin à révéler les fuites importantes, au cas où il viendrait à s'en produire, et à indiquer à peu près leur hauteur et par suite leur emplacement.

Le diamètre du réservoir est de 0^m,20 ; il a, en contre-haut du tuyau de refoulement, une hauteur de 0^m,80 et une capacité de 25 litres, c'est-à-dire de 20 fois environ le volume d'un coup de piston.

L'eau venant de la Moselle chasse en général assez d'air pour alimenter le réservoir ; en cas d'insuffisance, on peut en faire aspirer par la pompe en ouvrant et fermant alter-

nativement, au moment convenable, deux robinets purgeurs adaptés aux corps de pompe.

Toutefois le passage de cet air mêlé à l'eau dans les clapets de refoulement donne lieu à quelques chocs.

Nous pensons que lorsqu'une conduite aura à fonctionner sous des pressions considérables développant à un haut degré la solubilité de l'air, et que l'on n'aura pas à reculer devant un surcroît de dépenses, il conviendra toujours, malgré l'opinion contraire de quelques constructeurs, d'assurer largement l'alimentation du réservoir par une pompe à air spéciale.

CHAPITRE VI.

BATIMENT DES MACHINES.

Aqueduc de prise d'eau. — L'aqueduc de prise d'eau établi sous la levée de gauche de la rigole consiste en un dallot à section carrée de 0^m,80 de côté, dont le radier est à 1^m,20 en contre-bas du plan d'eau du canal, réglé pour un mouillage de 2 mètres (*fig. 1, 2 et 3*).

Ses deux pieds-droits se prolongent vers la cuvette de la rigole par deux murs en aile épousant le profil du talus.

Ces murs en aile sont protégés par des perrés contre les affouillements et le choc des bateaux.

La vitesse de l'eau motrice au passage de cet aqueduc ne dépasse pas 0^m,20.

Ventelle de prise d'eau. — La tête de l'aqueduc est munie d'une ventelle que l'on ferme toutes les fois que l'on veut visiter la turbine, et à cet effet interrompre la communication entre la rigole et le puits.

Cette ventelle est en bois; elle est garnie sur son pourtour d'un petit fer en U. Elle glisse dans des coulisseaux en fonte et repose à sa base sur 2 taquets du même métal.

L'appareil de levage consiste en une vis en fer qui peut

qui s'engage dans un écrou en supérieure d'un manchon en fonte fixé lui-même à la ventelle; on imprime à la vis un mouvement de rotation, au moyen d'une manivelle coudée; ce mouvement se transforme en une translation verticale de l'écrou, du manchon et par suite de la ventelle.

Des rainures à poutrelles ont été en outre ménagées dans les murs en aile de l'aqueduc en avant de la ventelle.

Puits de la turbine. — Le puits de la turbine est à section carrée de 1^m,70 de côté. A sa base il se rétrécit pour porter le distributeur et affecte une forme cylindrique.

Il est recouvert à sa partie supérieure d'une charpente et d'un plancher, supportant les paliers du pignon et de la roue d'angle, ainsi que l'appareil de manœuvre du vanage.

L'eau a une vitesse insensible à son passage dans le puits, ce qui est une excellente condition au point de vue du rendement de la turbine.

Aqueduc de fuite. — Les eaux, après être passées par la turbine, s'écoulent par un aqueduc dont l'intrados est en arc de cercle; l'ouverture de cet aqueduc est de 1^m,40 et sa hauteur sous clef de 0^m,65.

Il se prolonge à l'amont du puits pour maintenir la continuité du contre-fossé de la Viergeotte sous le bâtiment des machines.

Puisard d'aspiration. — Un puisard établi latéralement à l'aqueduc de prise d'eau et mis en communication avec lui, reçoit le tuyau d'aspiration de la pompe.

Bâtiment proprement dit. — Le bâtiment proprement dit, élevé pour abriter les machines, est extrêmement simple.

Il a 5 mètres de longueur intérieure et autant de largeur; sa hauteur sous faite est de 4^m,85.

Les murs sont en maçonnerie ordinaire revêtus intérieure-

rement d'un enduit en mortier et extérieurement d'un crépi moucheté légèrement teinté en gris, avec socle et bandeaux d'angle blancs en mortier ordinaire lissé.

La couverture est en tuiles mécaniques ; elle est revêtue sur sa face inférieure d'un plancher destiné à mettre les machines parfaitement à l'abri de la pluie.

Le sol est recouvert d'une couche de béton et d'un dallage strié en ciment de Portland, disposé en quinconce. Nous recommandons tout particulièrement ce genre de dallage, qui acquiert une grande dureté, et qui est d'un excellent effet.

La salle des machines est éclairée par 2 fenêtres ; on y accède par une porte s'ouvrant sur le chemin de contre-halage du canal.

Un fourneau permet de la chauffer en hiver pour éviter l'effet de la gelée sur la pompe et les pièces qui s'y rattachent.

Grillages. — Des grillages sont établis entre les rampants des murs en aile de la prise d'eau et de la tête amont de l'aqueduc passant sous le bâtiment ; leur but est d'empêcher les corps flottants de pénétrer soit en dessus, soit en dessous de la turbine.

CHAPITRE VII.

ÉPREUVES.

I. — *Conduite. Épreuve des tuyaux.* — Les tuyaux ont été soumis tous, à l'usine, au moyen d'une presse hydraulique, à une pression d'épreuve fixée à 15 atmosphères pour la moitié supérieure de la hauteur de la conduite et à 25 atmosphères pour la moitié inférieure. Ceux qui présentaient la moindre trace de suintement étaient rigoureusement rebutés (*).

(*) Nous avons remarqué que presque tous les tuyaux laissaient

— Après l'achèvement de la cuve, on l'a mise en charge pendant plusieurs jours.

Les résultats les plus satisfaisants ont tous parfaitement répondu à ce que l'on avait attendu, et ont nécessité un remaniement, comme nous l'avons dit dans la présente notice.

Il faut mettre en outre la conduite à l'essai par le moyen de la presse hydraulique ; voir les frais de cette seconde épreuve et les résultats qu'elle avait donnés la première fois.

Précautions à prendre. — L'expérience nous conduit à recommander d'éprouver des conduites avant de les employer.

Les conduites trop longtemps exposées à des variations répétées de température seraient soumises à des déformations qui détruiraient leur solidité ;

voir les courbes, afin d'empêcher

les déplacements latéraux qui résulteraient de la différence de longueur des tuyaux à l'intérieur et à l'extérieur de ces courbes.

II. — **Turbine.** *Nature des épreuves.* — Le constructeur avait assuré, par son marché, un rendement minimum de 75 p. 100 pour la turbine, dans les conditions ordinaires de fonctionnement des machines, c'est-à-dire pour un débit de 0^m,7 à 1 litre et une chute variant de 1^m,40 à 2 mètres.

Il faut passer l'eau lorsqu'on les essayait immédiatement après leur fabrication ; il suffisait de quelques jours pour développer un commencement d'oxydation et fermer entièrement les pores de la fonte.

Les épreuves destinées à vérifier l'accomplissement de cet engagement ont consisté :

1° A démonter la transmission de mouvement et à adapter à l'arbre de la turbine un frein de Prony ;

2° A faire marcher la turbine à des vitesses différentes, en faisant varier l'effort exercé sur le frein, l'ouverture du distributeur et la chute ;

3° A jauger pour chaque opération la dépense d'eau motrice, à mesurer la chute, à en déduire le travail brut et à le comparer au travail disponible sur l'arbre, donné par le frein.

Installation du frein. — Le frein était horizontal.

Il se composait :

1° D'un levier en bois portant à l'une de ses extrémités une mâchoire à joue circulaire ;

2° D'une mâchoire jumelle, reliée à la première au moyen de boulons.

Ces deux mâchoires agissaient sur une poulie adaptée à l'arbre.

On avait suspendu le frein par son centre de gravité, afin de l'empêcher d'exercer sur la poulie des efforts latéraux qui auraient faussé les résultats des expériences.

Il était soumis à l'action d'un poids variable suspendu à une corde qui passait sur des poulies de renvoi, pour venir se fixer au levier.

Jaugeage de l'eau motrice. — L'eau motrice était jaugée au moyen d'un déversoir établi à une distance suffisante de la turbine, pour ne pas être noyé à l'aval et ne pas produire à l'amont de remous altérant la chute.

Ce déversoir, parfaitement encastré dans les berges et le plafond du contre-fossé, était garni sur son pourtour d'une plaque de tôle mince qui le plaçait dans les conditions nécessaires pour y appliquer le coefficient de Lesbros.

Mesurage de la chute. — La chute s'obtenait par un simple nivellement des biefs d'amont et d'aval ; on la faisait varier à volonté au moyen d'un vannage mobile dis-

en aval du bâtiment des

machines.

Mesurage de la vitesse angulaire. — Le nombre de tours faits par la turbine dans l'unité de temps était mesuré au moyen d'un compteur de précision.

Expression du rendement. — En désignant par :

H , la chute motrice;

Q , la dépense d'eau par seconde;

ω , la vitesse angulaire de la turbine;

F , l'effort de résistance exercé sur le frein;

L , la distance du point d'application de cette force à l'axe de la turbine;

T_m , le travail brut de la chute par seconde;

T_d , le travail disponible sur l'arbre;

R , le rendement,

ces quantités sont liées par les relations :

$$T_m = QH \quad (1)$$

$$T_d = FL\omega \quad (2)$$

$$R = \frac{FL\omega}{QH} \quad (3)$$

Résultats des épreuves. — Sans entrer dans le détail des nombreuses expériences auxquelles il a été procédé, nous ferons connaître :

Que le rendement s'est élevé à près de 0,80 pour la chute maxima de 2 mètres;

Que ce rendement s'abaissait assez rapidement aussitôt que la turbine était noyée, et tombait à 0,65 environ quand le bief d'aval s'élevait à 0^m,60 en contre-haut de la face inférieure du récepteur (ce qui prouve combien il importe de ne pas noyer les turbines);

Qu'il n'a pas varié sensiblement lorsque la fraction d'admission changeait;

Qu'il est également resté à peu près constant lorsqu'on faisait varier la vitesse de rotation sans trop s'écarter de la vitesse ordinaire de marche.

III. — *Pompe. Rendement en eau.* — Le constructeur avait assuré pour la pompe un rendement en eau des 0,9 du volume engendré par le piston.

L'épreuve à laquelle il a été procédé à cet égard a consisté :

A faire fonctionner la pompe pendant un temps déterminé ;

A compter le nombre de coups de piston au moyen d'un compteur mu par la turbine ;

A jauger l'eau arrivée dans le bassin du Saint-Michel ;

A en déduire le rapport du volume d'eau parvenu sur le plateau au volume engendré par le piston.

On avait eu soin, d'ailleurs, de faire cette épreuve avant de recouvrir la conduite et après s'être assuré qu'elle ne donnait aucune fuite.

On a trouvé que, même en laissant passer entre le piston et les garnitures un petit filet d'eau destiné à empêcher l'usure de la pompe à laquelle donnerait lieu un serrage exagéré, le rendement s'élevait à plus de 0,9 ; ce résultat s'explique par la faible course des clapets et l'instantanéité avec laquelle ils s'ouvrent ou se ferment au moment des changements de marche du piston.

Résistance à la pression. — La pompe a d'ailleurs parfaitement résisté à la pression considérable à laquelle elle était soumise.

Nous croyons devoir, à cet égard, rapporter un fait assez intéressant. Bien que la fonte fût d'un grain très-serré, très-homogène, qu'elle eût été coulée avec un soin extrême, qu'elle ne contint aucune soufflure et qu'elle eût une épaisseur considérable, pendant les premiers jours on voyait jaillir à travers ses pores des filets d'eau microscopiques, qui conservaient encore à la sortie une certaine force jaillissante ; depuis, l'oxydation intérieure du métal a fait cesser ce phénomène.

IV. — *Ensemble des machines. Rendement total.* — Le

ensemble des machines

un rendement total de 0,30.

Pour vérifier si cet engagement était rempli, on a, à diverses époques :

Jugé l'eau refoulée dans le bassin du Saint-Michel, pendant un temps donné ;

Mesuré en même temps la chute et la dépense d'eau motrice,

Et comparé le travail utile produit au travail brut de la chute.

On a toujours trouvé un rendement légèrement supérieur au chiffre garanti.

CHAPITRE VIII.

MODE D'EXÉCUTION ET DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.

Mode d'exécution. — Les travaux ont été exécutés :

1° Pour la turbine et la pompe, par M. Pilter, constructeur à Paris, en vertu d'un marché de gré à gré, et à forfait ;

2° Pour la conduite, par M. Noël, fontainier à Pont-à-Mousson, en vertu d'un marché de gré à gré, et sur série de prix ;

3° Pour le bâtiment des machines et les terrassements de la conduite, par l'entrepreneur général des travaux du génie de la place de Toul.

Les détails des machines ont été étudiés par M. Breville, ingénieur de la maison Pilter.

Les tuyaux ont été coulés à l'usine de Pont-à-Mousson.

Clauses principales du marché relatif aux machines. — Le cahier des charges relatif aux machines fixait notamment :

1° Le travail utile à produire, c'est-à-dire le volume à refouler et la hauteur de refoulement ;

- 2° Les limites de la chute motrice ;
- 3° La nature du moteur, de la pompe, et de la transmission ;
- 4° La course, la vitesse-limite et le nombre maximum de coups de piston de la pompe ;
- 5° Le rendement mécanique garanti pour la turbine et pour l'ensemble des machines ;
- 6° Le rendement en eau garanti pour la pompe ;
- 7° La capacité du réservoir d'air ;
- 8° Les conditions dans lesquelles seraient faites les épreuves.

Dans le cas où le rendement aurait été inférieur aux chiffres garantis, l'entrepreneur était tenu de remplacer immédiatement les appareils ; il en était de même, en cas de malfaçons.

Le marché stipulait d'ailleurs :

Un délai de garantie d'un an ;

Un délai d'exécution de deux mois et, en cas de retard, une retenue de 10 francs par jour pour la première période de cinq jours, de 20 francs pour la période suivante, etc.

Clauses principales du marché relatif à la conduite. — Le cahier des charges relatif à la conduite fixait notamment :

- 1° Le développement de cette conduite ;
- 2° La hauteur de refoulement ;
- 3° La nature et les dimensions des tuyaux et des joints et le mode de coulage de la fonte ;
- 4° Les épreuves des tuyaux à l'usine ;
- 5° Les conditions de pose de la conduite ;
- 6° Les épreuves après l'achèvement des travaux ;
- 7° La garantie d'un an ;
- 8° L'exécution dans un délai de deux mois et, en cas de retard, une retenue fixée à 40 francs pour chacun des cinq premiers jours et se doublant pour chaque nouvelle période de cinq jours.

Établissement. — Les dépenses de premier établissement se sont élevées à 31.300 francs, savoir :

	francs.
1 ^{re} Machine (prix à forfait).	4.000
2 ^e Conduite (décompte sur série de prix) (*).	10.700
3 ^e Bâtiment des machines et installations accessoires.	8.150
4 ^e Déblai et remblai des tranchées de la conduite.	3.650
5 ^e Curage du contre-fossé à l'aval de la turbine.	1.800
6 ^e Indemnités de terrains et de dommages.	5.000
Total pareil.	31.300

Le prix du mètre courant de conduite mise en place, y compris les robinets, mais non compris les terrassements, est de 6 francs. En y comprenant les terrassements, il s'élève à 8 francs. Ce chiffre ne paraîtra pas exagéré si l'on a égard : 1^o à la grande profondeur des fouilles ; 2^o à la dureté des terrains vers le sommet du coteau ; 3^o à la surépaisseur attribuée à une partie des tuyaux ; 4^o enfin aux difficultés de bardage des tuyaux dont une grande partie ont dû être portés à bras jusqu'à pied d'œuvre, sur les flancs du Saint-Michel.

CONCLUSIONS.

Tels sont les renseignements sommaires qu'il nous a paru utile de donner sur l'alimentation en eau du Saint-Michel.

Nous aurions voulu pouvoir les compléter par l'indication du prix de revient de l'élévation de l'eau ; mais malheureusement l'exploitation de l'établissement est commen-

(*) *Nota.* — Les principaux prix d'application étaient les suivants :

	francs.
Les 100 kilogr. de fonte rendus à pied d'œuvre.	23,30
Les 100 kilogr. de plomb —	10,00
La pose du mètre linéaire de conduite, y compris tous les frais de façon des joints, mais non compris la fourniture du plomb.	1,10

cée depuis trop peu de temps pour qu'il nous soit possible de le faire. Nous nous bornerons à faire connaître :

1° Que les dépenses de graissage s'élèvent à 0',80 par jour, soit à 0',011 par mètre cube élevé à 185 mètres ou à 0',06 (*) par 1.000 mètres cubes élevés à 1 mètre ;

2° Que les dépenses de personnel sont également de 0',80 par jour, soit 0',011 par mètre cube d'eau élevé à 185 mètres ou 0',06 par 1.000 mètres cubes élevés à 1 mètre.

Nancy, le 1^{er} avril 1875.

(*) Ces chiffres, supérieurs à ceux des grands établissements hydrauliques, paraîtront relativement peu élevés, si l'on a égard au faible volume refoulé chaque jour au Saint-Michel.

S

LA DÉLIMITATION
ABLES.

ss ponts et chaussées.

sur la définition du lit des cours d'eau navigables (*) : le lit est la surface couverte par les plus hautes eaux, avant tout débordement. Mais cette définition peut donner lieu à des interprétations diverses quand on en vient à l'application ; aussi a-t-elle été, dans plusieurs occasions, l'objet d'instructions spéciales émanées de l'administration supérieure. Supposant qu'il peut y avoir quelque utilité à vulgariser la connaissance de ces instructions, nous transcrivons ci-après un extrait d'une dépêche adressée par le Ministre des Travaux publics au préfet de l'Eure le 26 mai 1874, dépêche provoquée par un avis entièrement conforme du Conseil général des ponts et chaussées en date du 26 février précédent :

« Toute délimitation du *plenissimum flumen* consiste

(*) Voir notamment à ce sujet : 1° les Observations présentées devant le Tribunal des Conflits, le 11 janvier 1873, par M. David, maître des Requêtes au Conseil d'Etat, commissaire du gouvernement [*Annales: Lois, décrets, etc.*, 1874, cahier d'avril, p. 138-147] ; — 2° la Note de M. l'ingénieur en chef Schlemmer, *Ann.* 1874, cahier d'octobre, p. 209 ; — 3° les Observations de M. l'inspecteur général Kleitz, *ib.*, p. 272.

« dans la reconnaissance d'une rive, au droit de laquelle
« les eaux sont sur le point de déborder. S'il s'agit du con-
« tinent, ce sera la rive continentale considérée isolément
« et indépendamment de la rive opposée; s'il est question
« d'îles ou d'alluvions isolées, ce sera la rive insulaire.
« Mais jamais la rive continentale ne peut servir à détermi-
« ner la limite du débordement sur les îles et *vice versa*,
« surtout quand il est manifeste que les îles et le continent
« sont placés, par rapport au fleuve, sous des régimes di-
« vers.

« Une délimitation ne saurait consister dans une simple
« opération de géométrie basée sur une théorie plus ou
« moins arbitraire concernant la hauteur des eaux de débor-
« dement, et en aucun cas elle ne peut se traduire par le
« choix d'un plan unique dont on détermine ensuite l'inter-
« section avec tout l'ensemble des terrains à délimiter.

« La délimitation a pour objet de constater un fait; et
« ce fait, variable en chaque point des rives, consiste
« dans la hauteur à laquelle les eaux débordent *sur ce*
« *même point*. Il s'ensuit que la ligne limitative n'est nul-
« lement assujettie à constituer une section de niveau; elle
« ne forme pas même une courbe plane et peut varier fré-
« quemment d'altitude, suivant la hauteur plus ou moins
« grande des berges et du terrain auquel celles-ci font
« suite; il convient de suivre, en quelque sorte pas à pas,
« les contours du terrain à délimiter, d'y reconnaître le
« niveau de débordement, quel qu'il soit, sur le plus grand
« nombre de points possible, et de réunir ensuite tous
« ces points par un tracé continu, après avoir négligé les
« sinuosités accidentelles ou d'un ordre secondaire. »

Il s'agit, dans cette affaire, d'herbes et osiers coupés, par des propriétaires riverains de la basse Seine, dans la commune de Thony, sur de basses berges comprises entre la laisse des basses eaux et la crête d'un chemin de halage submersible.

Le 14 mars 1874, le Ministre adressait les mêmes instructions au préfet d'Indre-et-Loire, pour une délimitation à faire en aval du pont suspendu de Langeais, délimitation que les ingénieurs avaient proposé d'opérer en limitant le lit du fleuve au niveau général de la vallée, tel qu'il règne *en arrière d'une digue de la Loire*.

Le 12 février 1872, une dépêche analogue était adressée au préfet de l'Ain, non plus à propos d'une rive *continentale*, mais à propos de deux îles, les îles de Murs, atterrissements formés dans le lit du Rhône. « Ces îles, disait le Ministre, doivent être délimitées d'après leur propre situation par rapport aux eaux qui, avant de les couvrir entièrement, viennent atteindre les limites inférieures des plateaux boisés ou suffisamment mûrs pour supporter un commencement de végétation. »

Il n'est peut-être pas hors de propos de faire remarquer que cette jurisprudence administrative était à peu près la même il y a vingt ans, et que l'administration centrale avait en quelque sorte devancé le Conseil d'État et la Cour de cassation en adoptant comme base unique des délimitations de lit, conformément à la tradition romaine et au sens le plus naturel des mots, la considération du *plenissimum flumen*. L'indépendance absolue des constatations à faire aux différents points de chaque rive est recommandée en termes précis dans un rapport de M. de Franqueville qui porte la date de 1847; et le Ministre s'exprimait ainsi qu'il suit dans une dépêche adressée le 10 mars 1854 au préfet de la Marne :

« Veuillez, monsieur le préfet, rappeler à MM. les ingénieurs que l'administration a posé comme règle générale que le lit d'un fleuve embrasse la surface comprise entre les deux lignes accidentées qui, sur chaque rive, forment l'intersection de la surface plus ou moins inclinée de la berge avec le niveau général de la plaine; que ces deux

« lignes constituent non-seulement pour chaque rive, mais
« encore pour chaque point en particulier de chacune des
« deux rives, la limite extrême à laquelle commence le dé-
« bordement d'un fleuve, limite qui, suivant la configura-
« tion des rives, peut correspondre à des hauteurs d'eau
« très-différentes. »

Il ressort pourtant de cette citation une petite différence entre les instructions de 1854 et celles de 1874. On ne parle plus aujourd'hui du « niveau général de la plaine. » Déjà M. de Franqueville, dans le rapport précité, avait fait remarquer que cette règle géométrique, proposée pour les cas ordinaires, serait « d'une application difficile ou en quelque sorte impossible » au cas où des berges très-faiblement inclinées viennent se raccorder d'une manière insensible avec la surface de la plaine. M. Aucoc, dans ses *Conférences à l'École des ponts et chaussées*, avait indiqué un autre cas d'exception : celui d'une rivière qui ne déborde pas, et où rien n'autorise à englober dans son lit la portion des berges supérieures aux plus hautes eaux. On peut citer encore le cas inverse d'une levée submersible, dominant la plaine, et dont le talus intérieur appartient tout entier au domaine public.

On avait donc été un peu trop loin en voulant tout réduire à une formule de géométrie : on est dans le vrai en ne limitant par aucune règle la recherche pratique du point jusqu'où les plus hautes eaux s'avancent avant tout débordement, dans chaque profil en travers et sur chaque rive.

Paris, 15 novembre 1875.

N° 4

RECENSEMENT DE LA CIRCULATION SUR LES ROUTES.

APPLICATION DU COMPTAGE AMBULANT.

NOTE

Par M. LATERRADE, ingénieur en chef des ponts et chaussées (*).

Les comptages ambulants sont de deux sortes, suivant qu'ils sont faits par des observateurs spéciaux, ou qu'ils le sont simplement par les agents chargés de la surveillance des routes, en profitant des tournées dont leur service leur fait une obligation.

Dans le principe on a fait usage d'observateurs spéciaux. La méthode employée ne différerait du comptage fixe qu'en ce que l'observateur, au lieu de rester stationnaire en un seul point de la section de comptage, la parcourrait, pendant toute la durée de l'opération, avec une vitesse de

(*) On trouvera dans la deuxième partie (lois, décrets, etc.) du présent cahier, savoir :

Page 38, une circulaire ministérielle du 10 mai 1875 qui a prescrit d'opérer, en 1876, un recensement général de la circulation sur les routes ;

Page 40, une autre circulaire du 23 août suivant qui, en recommandant de surveiller les observateurs, a indiqué comme pouvant être employé, à titre de vérification, le *comptage ambulant* décrit par M. Laterrade dans les *Annales*, 1863, 2^e sem., p. 116.

E. M.

2 kilomètres à l'heure, mettant par conséquent une demi-heure juste d'intervalle entre son passage à deux bornes kilométriques consécutives, et revenant sur ses pas dès qu'il était arrivé à l'une des extrémités de la section. Ce mode de recensement est, à coup sûr, le plus exact qui puisse exister ; il est donc très-supérieur au comptage fixe, car il ne coûte pas plus cher et n'entraîne pas plus de dérangements pour le service ; en outre on peut faire usage des mêmes imprimés et recueillir les observations absolument de la même manière, non-seulement sans avoir besoin de coefficients, mais sans qu'il soit même nécessaire de connaître le rapport entre la circulation de jour et celle de nuit. Il convient de dire cependant, pour le cas où l'on voudrait recourir à ce mode rigoureux de comptages, que l'observateur doit commencer l'opération, tantôt à un point, tantôt à un autre, afin que toutes les parties de la section soient successivement parcourues à des heures différentes.

On a bientôt reconnu que les comptages ambulants, nécessairement moins réguliers, faits par les agents dans leurs tournées et dont on n'avait d'abord fait usage qu'à titre de vérifications, donnaient une exactitude presque aussi grande que les précédents et, dans tous les cas, très-suffisante dans la pratique. La vérification minutieuse qui a été faite du comptage ambulant, conformément aux prescriptions ministérielles, n'a pas laissé de doute à ce sujet ; comme ce système simplifié de comptage ambulant est beaucoup moins coûteux et d'une application beaucoup plus facile que le système absolument rigoureux appliqué dans le principe, il lui a été substitué depuis. Seulement, l'expérience a permis d'y apporter quelques modifications, notamment en ce qui concerne les coefficients dont on faisait un grand usage au moment où notre premier mémoire sur le comptage ambulant a été publié. En même temps on était conduit à se servir d'imprimés spéciaux qui ont natu-

diminuer les écritures en même temps qu'il en résulte plus d'uniformité dans l'application de la méthode. Au moment où l'emploi du comptage ambulant vient d'être rappelé par l'administration supérieure (circulaire ministérielle du 23 août 1875), il nous a semblé qu'il était opportun de porter ces diverses modifications à la connaissance des ingénieurs ; tel est le but de la présente note.

Les imprimés nécessités par le comptage ambulant sont au nombre de cinq, à savoir :

Le carnet de comptages (modèle n° 1) ;

Le relevé des comptages faits pendant chaque mois (modèle n° 2) ;

Le registre des comptages (modèle n° 3) ;

Le résumé des comptages (modèle n° 4) ;

Et la récapitulation des comptages faits pendant l'année (modèle n° 5).

Chacun de ces imprimés porte les instructions nécessaires pour le remplir. Le registre de comptages, notamment, contient une instruction générale qui indique la marche à suivre pour l'application complète de la méthode, et nous croyons ne pouvoir mieux faire que de reproduire ici ces instructions que l'on trouvera à la fin de cette note. Il nous reste seulement à les justifier en faisant connaître, en particulier, comment on peut supprimer presque entièrement l'usage des coefficients.

Ceux qu'on employait dans le principe, et dont il est parlé dans notre premier mémoire sur le comptage ambulant, étaient de deux sortes : les coefficients horaires et les coefficients quotidiens.

On commençait par appliquer la formule générale :

$$C = O + M' - M'',$$

qui donne la circulation moyenne C répondant à la durée

de l'observation, en ajoutant le nombre de colliers O rencontrés par l'observateur, dans un sens opposé au sien, avec le nombre de colliers M' allant dans le même sens que lui et qui l'ont dépassé, et en retranchant le nombre de colliers M'' allant dans le même sens que lui et qu'il a dépassés.

La circulation C ainsi déterminée, on la divisait par la durée de l'observation, afin d'obtenir la circulation par heure. Il en résulte que si l'on désigne par T le nombre de minutes qu'a duré l'observation, la circulation par heure se trouvera être de

$$C : \frac{T}{60} = 60 \frac{C}{T}.$$

Si la circulation se répartissait uniformément entre les diverses heures de la journée, on n'aurait qu'à multiplier le résultat ci-dessus par 24 pour obtenir la circulation répondant à une journée entière; elle se trouverait, par suite, être de $60 \frac{C}{T} \times 24 = 1440 \frac{C}{T}$; mais comme il n'en est pas ainsi, comme, notamment, la circulation est beaucoup plus forte le jour que la nuit, on a été conduit à déterminer des *coefficients horaires*, c'est-à-dire la fraction de la circulation totale qui passe pendant les diverses heures de la journée; ces coefficients une fois connus, on pouvait obtenir la circulation totale en divisant la circulation par heure par le coefficient horaire moyen répondant à la partie de la journée pendant laquelle le comptage avait eu lieu. En appelant m ce coefficient, et en conservant d'ailleurs les mêmes notations que ci-dessus, la circulation totale aura pour expression $\frac{60}{m} \times \frac{C}{T}$.

Cependant, de même que la circulation ne se répartit pas également entre les diverses heures de la journée, elle ne se répartit pas non plus également entre les divers jours de la semaine; par suite, il a paru également nécessaire

de déterminer des (*coefficients quotidiens*), en sorte qu'après avoir calculé à chaque fois la circulation par heure, on était obligé de la diviser ou de la multiplier successivement par deux coefficients.

On a d'abord reconnu que l'on pouvait supprimer l'usage des coefficients quotidiens. Il suffisait de répartir également les comptages ambulants entre les divers jours de la semaine, ainsi qu'on l'a toujours fait, d'ailleurs, pour le comptage fixe. A la vérité, si l'on veut ne rien dépenser, on ne doit pas faire faire de comptages le dimanche, qui est précisément le jour où la circulation est la plus faible ; mais l'erreur résultant de la suppression des comptages du dimanche ne saurait être bien forte, et l'on peut la corriger en recourant à la détermination des coefficients quotidiens, ce qui pourra se faire à l'aide des comptages fixes qui vont avoir lieu en 1876 ; il suffirait, pour cela, de renfermer les observations dans la durée d'un même jour, c'est-à-dire de les commencer à minuit pour les finir à minuit, au lieu de comprendre dans une même observation les deux derniers tiers d'un jour avec le premier tiers du jour suivant. En attendant que cette détermination soit faite, on peut atténuer considérablement l'erreur provenant de la suppression des comptages du dimanche en s'en tenant provisoirement aux déterminations qui ont été faites, avec une très-grande précision, dans l'arrondissement de Saint-Quentin, au moment de la vérification du comptage ambulant. On a trouvé alors (voir à la page 127 du mémoire déjà cité) que le coefficient quotidien du dimanche était de 0,56 ; par conséquent, la somme des coefficients des six autres jours de la semaine est de $7 - 0,56 = 6,44$, et la suppression des comptages du dimanche a pour effet d'augmenter la moyenne de la circulation dans la proportion de 7 à 6,44. On obtiendra donc cette moyenne en multipliant les résultats obtenus par $\frac{6,44}{7} = 0,92$.

Ce que nous venons de dire pour la suppression des coefficients quotidiens et des comptages du dimanche s'applique, en tous points, à la suppression des coefficients horaires et des comptages de nuit. On évitera l'emploi des coefficients horaires en répartissant également les comptages entre les diverses heures de la journée. Quant à la suppression des comptages de nuit, l'erreur qui en résulterait pourra être entièrement corrigée quand on aura déterminé le rapport qui existe entre la circulation de jour et celle de nuit, ce que l'on fera aisément lors du recensement de 1876, en se conformant aux instructions ministérielles qui recommandent de diviser les comptages par heure, à la condition toutefois de faire coïncider la durée des comptages avec celle du jour légal, comme on en a déjà constaté la nécessité plus haut; sans quoi l'on confondrait, par exemple, la circulation de jour du samedi qui est très-forte, avec la circulation de nuit du dimanche qui est, au contraire, très-faible, ce qui empêcherait d'obtenir exactement les rapports cherchés. En attendant que cette détermination soit faite, on peut se contenter, comme pour la suppression des comptages du dimanche, de corriger les résultats obtenus à l'aide des expériences que fait connaître le mémoire déjà cité sur le comptage ambulant.

En se rapportant aux chiffres qu'on peut lire à la page 126 de ce mémoire et en les combinant avec les heures où les cantonniers doivent se trouver sur les routes, qui sont aussi celles où les agents chargés de les surveiller doivent faire leurs tournées, on voit que le coefficient horaire moyen répondant à l'année entière est de 0,0657.

Si l'on donne cette valeur à m dans la formule $\frac{60}{m} \times \frac{C}{T}$ qui fournit la circulation par jour, on trouve qu'elle devient $913 \frac{C}{T}$. Si maintenant on la multiplie par 0,92 pour tenir compte de la suppression des comptages du dimanche,

on trouve en définitive que la formule devient $840 \frac{C}{T}$

$= 0,84 \times \frac{1000 C}{T}$, ce qui justifie la règle pratique que nous avons donnée dans les instructions reproduites sur le registre des comptages.

Le nombre $\frac{1000 C}{T}$ est ce que nous appelons *circulation proportionnelle*. Sa détermination suffit dans la plupart des cas. En effet, ce que l'on recherche surtout dans le recensement de la circulation, c'est d'obtenir la circulation relative des diverses routes ou parties de routes considérées, et la substitution de la circulation proportionnelle à la circulation effective offre d'autant moins d'inconvénients que la première est d'une détermination plus certaine et ne présente pas d'ailleurs avec la seconde de différence bien considérable. Nous sommes convaincu, par suite, que, si le comptage ambulant finit par se substituer entièrement dans la pratique au comptage fixe sur lequel il offre tant d'avantages, on s'en tiendra à la *circulation proportionnelle* qui est la même dans toute la France, tandis que la circulation effective ou *circulation réelle* peut varier d'un département à un autre, dans des limites d'ailleurs assez étroites.

Il n'est pas d'ailleurs hors de propos de rappeler ici quel est le degré d'approximation dont l'évaluation de la circulation est susceptible.

Des expériences faites sur le comptage fixe lors de la vérification du comptage ambulant (voir le mémoire déjà cité, page 128) il résulte que le comptage fixe, en ne lui demandant autre chose que l'évaluation de la circulation en un seul point, donne des divergences d'autant plus fortes que la circulation est plus faible. Elles sont d'environ 10 p. 100 en moyenne pour des circulations inférieures à 300 colliers, et peuvent atteindre exceptionnellement

20 p. 100. Ces divergences tiennent à l'influence des causes fortuites parmi lesquelles il faut ranger, en première ligne, le beau et le mauvais temps. Pour les écarter complètement, il faudrait compter presque tous les jours de l'année. Quant aux erreurs que l'on peut commettre par la suppression des comptages de nuit et de ceux du dimanche, elles sont nécessairement beaucoup moindres. Il est clair en effet que, sauf des cas tout à fait exceptionnels, la circulation est toujours plus faible le dimanche que le reste de la semaine ; il n'en est autrement que dans l'intérieur de Paris et de quelques autres grandes villes. Par conséquent, l'erreur que l'on commettra en admettant pour le dimanche un rapport erroné ne pourra jamais dépasser certaines limites. S'il passait autant de voitures le dimanche que les autres jours, au lieu de n'en passer que 0,56, comme nous l'avons admis, l'erreur commise sur l'appréciation de la circulation ne serait que de 8 p. 100. D'un autre côté, si la circulation était absolument nulle le dimanche, l'erreur ne serait que de 14 p. 100. Comme ces hypothèses, surtout la dernière, sont absolument inadmissibles ; comme une erreur de 10 p. 100 sur l'appréciation de la circulation du dimanche n'entraînerait sur la circulation moyenne qu'une erreur inférieure à 1 p. 100 ; comme il en est de même des erreurs que peut entraîner la suppression des comptages de nuit, on en conclura sans doute que c'est avec raison que, dans le comptage ambulant, nous avons supprimé à la fois les comptages du dimanche et les comptages de nuit.

Ne perdons pas de vue d'ailleurs que cette suppression n'est nullement une nécessité du comptage ambulant ; on pourrait en effet faire des comptages de cette espèce, la nuit comme le jour, le dimanche comme dans la semaine ; on se dispenserait ainsi de l'emploi de tout coefficient, mais on augmenterait la dépense ; d'un autre côté, en faisant

usage des mêmes coefficients, on diminuera notablement la dépense qu'entraîne le comptage fixe.

Si l'on veut ne compter les voitures vides que pour un quart, il faut naturellement faire subir une nouvelle réduction aux chiffres de la circulation. En se basant sur les résultats obtenus dans le département de Lot-et-Garonne, lors du comptage de 1869, on trouve que la réduction à opérer, de ce chef, serait de 0,871. Par suite, la circulation ainsi réduite sera égale à $840 \frac{C}{T} \times 0,871 = 732 \frac{C}{T}$, soit $0,75 \times \frac{1000C}{T}$.

Si, dans d'autres départements, on trouvait un rapport sensiblement différent de celui que nous venons d'indiquer, il ne faudrait pas se hâter d'en conclure que la proportion entre les voitures vides et les voitures chargées n'y est pas la même que dans le Lot-et-Garonne, car la différence pourrait tenir simplement à la manière dont les observateurs font leurs appréciations. La distinction à faire entre les chargements n'est pas aussi facile en effet à établir qu'on pourrait le croire au premier abord, attendu qu'on passe par degrés insensibles de la voiture complètement vide à la voiture complètement chargée. C'est d'ailleurs uniquement pour ce motif que nous jugeons inutile de compter à part les voitures vides dans le comptage ambulant, car cette méthode s'y prêterait tout aussi bien que le comptage fixe ; c'est pour un motif semblable que nous nous abstenons de diviser les voitures chargées en plusieurs catégories.

Ce qui précède fait voir que le comptage ambulant peut se passer, non-seulement d'observateurs spéciaux, mais de coefficients horaires et quotidiens. Ce n'est qu'à la fin de l'année qu'on devra faire subir aux résultats moyens certaines réductions ; encore ne sont-elles pas indispensables. Il convient de faire remarquer aussi qu'il n'est pas néces-

saire, comme on l'avait cru dans le principe, de calculer la circulation quotidienne répondant à chaque opération. Ce calcul ne doit avoir lieu qu'à la fin de l'année ou tout au plus, à titre de renseignement, à la fin de certaines périodes. A cet effet, on additionne entre elles les valeurs partielles de C et celles de T répondant à chaque comptage partiel et l'on opère sur les totaux comme sur les valeurs partielles. Il nous reste à dire que le comptage ambulant permet aussi d'obtenir très-simplement la moyenne de la circulation d'autant de routes ou de sections de routes qu'on voudra. Il suffit pour cela d'ajouter entre elles les valeurs partielles de la circulation (C) et des durées (T) répondant à chaque route ou section et d'opérer sur les totaux comme sur les nombres partiels. Toutefois, il est nécessaire, pour que le résultat soit exact, que la vitesse moyenne des observateurs ambulants ait été sensiblement la même et qu'ils aient fait, dans chaque section, un même nombre de comptages. La première de ces conditions pourra être considérée comme remplie si tous les comptages servant à l'établissement des moyennes sont faits à pied ; c'est pour ce motif, entre autres, que l'on ne doit pas faire usage, pour l'établissement des moyennes, des comptages faits en voiture ; ils ne doivent servir que comme vérification.

Qu'il nous soit permis, en terminant, de faire apprécier, par une comparaison, les avantages que présente le comptage ambulant sur le comptage fixe.

Il existe deux moyens de déterminer le relief du sol : le baromètre, qui permet d'obtenir directement l'altitude d'un point donné, et le niveau, qui permet de déterminer la différence d'altitude entre deux points donnés. Supposons qu'à l'aide du baromètre on puisse obtenir facilement et exactement l'altitude d'un certain point et que, le niveau n'étant pas encore inventé ou l'étant depuis peu de temps encore, on ait recours au baromètre pour déterminer le profil en long d'une route. A cause de l'impossibilité de

multiplier au delà d'une certaine limite les observations barométriques, par suite des conditions nécessaires à leur installation et de la dépense qui en résulterait, on se trouvera obligé, par exemple, de n'avoir qu'un poste d'observations tous les 10 kilomètres, comme dans le comptage fixe, et encore ne pourra-t-on pas toujours placer les postes là où l'on suppose que l'altitude est moyenne, à cause de la nécessité de trouver une maison pour abriter l'observateur et l'instrument. Par suite, on obtiendra ou l'on croira obtenir le profil en long de la route en supposant que l'altitude, sur toute l'étendue de la section répondant à chaque poste, est la même que celle qui aura été obtenue au poste d'observations. N'est-il pas bien certain que l'on n'aura ainsi qu'un profil en long fort incomplet et fort inexact et que l'emploi du niveau, au contraire, permet de l'obtenir avec toute l'exactitude et tous les détails désirables ? Eh bien ! le baromètre, c'est le comptage fixe qui donne uniquement la circulation à des points distants l'un de l'autre de 10 kilomètres en moyenne et que l'on ne peut pas toujours choisir comme on le voudrait à cause de la nécessité de trouver une maison pour que l'observateur puisse s'y abriter la nuit avec son fanal. De même que le relief d'une route présente presque toujours d'énormes variations sur une étendue de 10 kilomètres, de même sa circulation en présente presque toujours d'aussi grandes, avec cette différence que les inégalités de relief sont apparentes à la vue, ce qui serait d'un certain secours pour placer les postes d'observations, tandis qu'il en est autrement pour la circulation, surtout si l'on s'abstient de prendre note des voitures rencontrées. Par suite, le comptage stationnaire ne permet pas d'évaluer la circulation d'une route avec plus d'exactitude que le baromètre ne permettrait d'en dresser le profil en long. Quant au comptage ambulant, il est au comptage fixe ce que le niveau est au baromètre. De même que le niveau permet d'obtenir le relief de la route avec

tous les détails possibles, rapprochant les cotes autant qu'il est nécessaire, de même le comptage ambulant donne le moyen d'obtenir la circulation avec des détails semblables, permettant de multiplier les sections autant qu'il est nécessaire, faisant connaître avec une égale certitude, soit la circulation détaillée, soit la circulation moyenne d'une route. Que l'on ne dise pas d'ailleurs qu'il n'est pas utile de connaître la circulation d'une route avec les mêmes détails que son relief. Cela est, au contraire, beaucoup plus important, au moins pour l'entretien. Il importe fort peu en effet, à ce point de vue, de savoir si la pente d'un kilomètre est de 1 ou 2 centimètres par mètre, tandis qu'il importe beaucoup de savoir si la circulation est de 100 ou de 200 colliers, attendu que, suivant qu'il en sera ou non ainsi, le cube de matériaux à fournir devra varier du simple au double.

Tels sont les avantages du comptage ambulant et les simplifications que la pratique a permis d'introduire à cette méthode. Son application, mieux encore que tout ce qu'on pourrait ajouter à ce qui vient d'être dit, fera voir combien le comptage ambulant l'emporte sur le comptage fixe, non-seulement en économie, mais en exactitude ; on pourra, par suite, déterminer la circulation avec une précision inconnue jusqu'ici. Peut-être alors verra-t-on s'évanouir quelques illusions ; la circulation moyenne de certaines routes, de certains départements même, descendra notablement au-dessous des chiffres auxquels on était habitué, comme aussi le contraire arrivera autre part ; mais du moins on obtiendra des renseignements sérieux que l'on pourra utiliser en toute confiance, soit pour la répartition des crédits d'entretien, soit pour l'évaluation du trafic des chemins de fer en projet, soit dans tout autre but.

ANNEXES.

1^{re} Instructions pour l'usage du comptage ambulant.

Les routes doivent être, au préalable, divisées en sections comprenant autant que possible des parties où la circulation soit sensiblement uniforme. On doit adopter de préférence, pour limites des sections, des embranchements de routes ou chemins importants, attendu que ces embranchements font varier brusquement la circulation. Néanmoins, à moins de circonstances exceptionnelles, l'étendue des sections ne devra pas être inférieure à 1 kilomètre, comme aussi elle ne devra pas dépasser 10 kilomètres.

Les comptages sont de deux sortes : les comptages réglementaires et les comptages de vérification. Les comptages réglementaires sont faits par les conducteurs et les chefs-cantonniers; ils doivent toujours avoir lieu à pied. Les comptages de vérification sont faits par les ingénieurs; ils sont généralement faits en voiture. Par mois chaque conducteur fournit un comptage et chaque chef-cantonnier en fournit deux, en profitant pour cela de leurs tournées de service; il doit donc y avoir trente-six comptages par an, dont dix-huit dans chaque sens. Ils doivent être également répartis entre tous les jours de la semaine, sauf le dimanche où l'on ne fait pas de comptages. Il doit donc y avoir par an, dans chaque sens et sur chaque section, trois comptages le lundi, trois le mardi, trois le mercredi, trois le jeudi, trois le vendredi et trois le samedi. En outre, les comptages doivent être également répartis entre les diverses heures de la journée. Par journée, on entend la période du jour où les cantonniers sont astreints à se trouver sur les routes; c'est aussi celle pendant laquelle doivent avoir lieu les tournées des agents chargés de les surveiller.

Les observateurs (conducteurs et chefs-cantonniers) consignent leurs observations sur un *carnet de comptages* (modèle n° 1). Les instructions qu'ils doivent suivre, à cet effet, sont imprimées en tête du carnet. (Voir ci-après la description du carnet de comptages.)

Au commencement de chaque mois, chaque conducteur adresse à l'ingénieur ordinaire un *Relevé des comptages faits pendant le*

mois précédent (modèle n° 2). Sur ces feuilles sont imprimées les instructions nécessaires pour les remplir. (Voir ci-après la description du modèle n° 2).

Les résultats des feuilles mensuelles de comptages sont consignés sur un *registre de comptages* (modèle n° 3) tenu par chaque ingénieur ordinaire. Les heures et les durées (colonnes 5, 6, 7 et 8) doivent être toujours inscrites en nombres de minutes comme sur les feuilles mensuelles. Il en résulte que le total de la colonne 6, moins le total de la colonne 5, doit être égal au total de la colonne 7, plus le total de la colonne 8. D'un autre côté, le total de la colonne 9, plus le total de la colonne 10, moins le total de la colonne 11, doit être égal au total de la colonne 12, moins celui de la colonne 13.

Les comptages réglementaires faits par les conducteurs et les chefs-cantonniers devant toujours avoir lieu à pied; tout comptage fait exceptionnellement par eux en voiture serait annulé ou considéré comme comptage de vérification. On annulera également les comptages faits les jours de foire ou dans des conditions exceptionnelles, sauf à en tenir compte dans une certaine mesure. Quant aux comptages qui paraîtraient entachés d'erreur, ils seront rigoureusement annulés et les conducteurs seront tenus d'en refaire ou faire refaire d'autres le mois suivant afin que le nombre réglementaire de comptages à produire par eux dans l'année soit complété. Les comptages faits par les ingénieurs à titre de vérification seront aussi consignés sur le registre de comptages, mais ils seront séparés des comptages réglementaires; un certain nombre de lignes sera réservé à cet effet au bas de chaque page.

En général, il y aura un registre par année; mais, si l'on devait consigner sur un même registre des observations appartenant à plusieurs années, on en ferait mention dans la colonne d'observations.

Tous les ans, dans le courant du mois de janvier, l'ingénieur ordinaire adressera à l'ingénieur en chef le *résumé* (modèle n° 4) *des comptages* portés sur son registre pendant l'année précédente. Ce résumé est divisé en deux parties; dans la première, se trouvent les comptages par sections; dans la seconde, se trouvent les circulations moyennes par routes obtenues à l'aide des comptages réglementaires et en regard les circulations trouvées par les ingénieurs à l'aide des comptages de vérification. On devra produire deux états distincts : l'un pour les routes nationales, l'autre pour les routes départementales.

Pour obtenir la circulation moyenne d'une section, répondant

à un certain nombre de comptages, il faut d'abord faire le total des nombres inscrits dans les colonnes 8, 9, 10 et 11 du registre des comptages, puis ajouter entre eux les totaux des colonnes 9 (O) et 10 (M'), en retrancher le total de la colonne 11 (M''), ajouter trois zéros à la droite du reste et diviser le nombre ainsi formé par le total de la colonne 8 (T). Le quotient de cette division donne, en colliers, ce que l'on est convenu d'appeler *circulation proportionnelle*. Cette circulation suffit dans la plupart des cas; toutefois, elle est un peu supérieure à la circulation *réelle*, ce qui tient en particulier à ce que l'on ne fait pas de comptages le dimanche. On obtiendra la circulation *réelle* avec une exactitude suffisante en multipliant la circulation *proportionnelle* par 0,84 si l'on doit compter les voitures vides autant que les voitures chargées, et par 0,73 si l'on ne veut compter les voitures vides que pour un quart.

La circulation moyenne de toute une route, ou plus généralement d'un certain nombre de sections, s'obtient en ajoutant respectivement entre eux les totaux des colonnes T, O, M', M'' répondant à chaque section, puis en opérant sur ces totaux comme on vient de l'indiquer plus haut pour la circulation moyenne par section. Toutefois la circulation ainsi obtenue n'est exacte qu'à la condition qu'il aura été fait dans chaque section un nombre égal de comptages, soit 36 par an; si, par suite de circonstances exceptionnelles, il n'en était pas ainsi, il faudrait réduire ou augmenter proportionnellement les nombres T, O, M', M'' des sections où il aurait été fait plus ou moins de 36 comptages. Ainsi, si dans une section, on avait trouvé $T = 2.186'$, $O = 724'$, $M' = 242''$, $M'' = 87''$ et que l'on eût fait 40 comptages au lieu de 36, chacun des nombres ci-dessus devrait être réduit dans la proportion de 36 à 40 et, par suite, multiplié par $\frac{36}{40} = 0,9$; ce seraient donc les nombres

$$T = 1.967', \quad O = 652', \quad M' = 218'' \text{ et } M'' = 78''$$

sur lesquels il faudrait opérer.

Outre l'envoi annuel du résumé des comptages qui est de rigueur, l'ingénieur ordinaire enverra des résumés partiels à l'ingénieur en chef, dans le courant de l'année, autant de fois qu'ils lui seront demandés.

Dans le mois de février de chaque année, l'ingénieur en chef rédige pour le département, et chaque ingénieur ordinaire pour son arrondissement, une récapitulation des comptages faits pendant l'année précédente (modèle n° 5). Une copie de cette récapitulation

tulation est adressée par l'ingénieur en chef à l'administration supérieure si celle-ci la demande. Cette récapitulation donne non-seulement la circulation *proportionnelle* obtenue pendant l'année précédente à l'aide du comptage ambulant, mais sa comparaison avec les circulations semblables obtenues pendant les trois années antérieures. Il donne aussi la valeur de la circulation *réelle* et sa comparaison avec celle qui a été obtenue lors du dernier comptage fixe.

Comme pour le modèle n° 4, on doit fournir, pour le modèle n° 5, un état particulier pour les routes nationales et un autre pour les routes départementales.

2° Renseignements sur la manière de dresser les imprimés nécessaires à l'usage du comptage ambulant.

Nous aurions désiré donner ici des spécimens complets des imprimés nécessaires à l'usage du comptage ambulant, et même des exemples faisant voir la manière dont ils doivent être remplis : mais ils n'auraient pu cadrer que difficilement avec le format des *Annales* ; il nous a paru préférable, dès lors, de nous borner à donner les renseignements nécessaires pour les dresser (*). Nous croyons d'ailleurs devoir le faire aussi complètement que possible, car si l'on veut obtenir des imprimés d'un usage commode, il convient que toutes les dispositions en soient établies avec un soin minutieux, ce que nous nous sommes efforcé de faire.

Ces imprimés, comme on l'a vu dans les instructions qui précèdent, sont au nombre de cinq, à savoir :

- Modèle n° 1. — Carnet de comptages.
- n° 2. — Relevé mensuel des comptages.
- n° 3. — Registre des comptages.
- n° 4. — Résumé des comptages.
- n° 5. — Récapitulation annuelle des comptages.

1° *Modèle n° 1. Carnet de comptages.* — Ce carnet est entièrement conforme comme dimensions aux carnets d'attache-

(*) Ces spécimens sont déposés à la Bibliothèque de l'École des ponts et chaussées.

les premières pages portent des indications analogues, si ce n'est que le mot *attachements* est remplacé par le mot *comptages* ; puis viennent les instructions ci-après :

Les comptages réglementaires seront faits par les conducteurs et les chefs-cantonniers. Les ingénieurs devront en faire également pendant leurs tournées, à titre de vérification.

Les conducteurs, dès qu'ils auront reçu leur carnet de comptages et ceux de leurs chefs-cantonniers, commenceront par remplir les indications qui se trouvent en tête de chaque feuillet. Un seul feuillet sera d'abord réservé pour chaque section et dans chaque sens.

Dans les colonnes 4 et 5, pour éviter les confusions, on devra indiquer les heures du matin par la lettre *m*, les heures du soir par la lettre *s* et les minutes par le signe '. Ainsi 7 heures 36 minutes du matin s'écrira *m* 36' et 4 heures 8 minutes du soir s'écrira *s* 8'.

Les observateurs devront donner les heures à une minute près et non à 10 ou 5 minutes près. Cette observation est essentielle ; sans cela, les comptages perdraient de leur exactitude. Par conséquent, les chiffres 5 ou 0 ne devront pas revenir plus souvent que les autres à la fin des nombres de minutes.

Dans les colonnes 6, 7 et 8, on prendra note des voitures par des chiffres inscrits à la suite l'un de l'autre, indiquant le nombre de colliers attelés à chaque voiture. Ainsi 11322 placé dans la colonne 8 signifiera que l'observateur a rencontré successivement deux voitures à 1 collier, une voiture à 3 colliers et deux voitures à 2 colliers allant dans le même sens que lui et qui l'ont dépassé. Il est inutile de séparer les chiffres par des virgules ou autrement attendu qu'on ne rencontrera, pour ainsi dire, jamais de voitures attelées de plus de 9 colliers et que, dès lors, il ne sera pas possible de faire de confusion. Si cependant le cas se présentait, les nombres indiquant plus de 9 colliers seraient mis entre parenthèses. Ainsi 11 (11) 1 placé dans la colonne 7 voudra dire que l'observateur a rencontré successivement deux voitures à 1 collier, une voiture à 11 colliers et une voiture à 1 collier marchant dans un sens opposé au sien.

On ne tiendra aucun compte des voitures en stationnement. Sont considérées comme telles celles qui sont en chargement ou en déchargement ou qui étant complètement chargées ou déchargées, ne sont pas accompagnées de leur conducteur.

Sur la page intitulée : *Observations et renseignements*, on indiquera toutes les circonstances qui ont pu influencer sur la circula-

tion ou sur la marche de l'observateur, telles que foires, marchés, fêtes locales, distributions de prix, convois d'artillerie ou de prestataires, mauvais temps ou mauvais état de la route, stationnement pour visiter les cantonniers, vérifier les matériaux, etc., etc. En général, les comptages ne devront pas être interrompus par ces dernières opérations; mais, s'il y a interruption, il est essentiel de le dire dans cette colonne en donnant le nombre exact de minutes pendant lequel on a cessé de compter. Il convient aussi de faire connaître la durée des stationnements qui n'ont pas entraîné d'interruption dans les comptages.

Lorsque l'observateur sera en voiture, il devra en faire mention dans la colonne d'observations. Ceci concerne les ingénieurs seulement, car les conducteurs et chefs-cantonniers doivent toujours faire leurs comptages à pied.

Le carnet de comptages devra être rempli directement pendant la tournée, soit à l'encre, soit au crayon. Il est formellement interdit aux observateurs, soit de gratter, soit d'effacer, de surcharger ou de passer à l'encre après coup aucune des indications prises sur les lioux et inscrites dans les colonnes 4, 5, 6, 7 et 8. S'ils font une erreur, ils doivent biffer les écritures erronées en les laissant apparentes et en le mentionnant sur la page réservée pour les observations.

Après la fin de la journée, les observateurs passent à l'encre les chiffres des colonnes 1, 2 et 3 et remplissent à l'encre les colonnes 9, 10 et 11.

Quant les carnets de comptages sont terminés, ils sont remis à l'ingénieur, qui les vise *ne varietur*.

Après les instructions commence le carnet proprement dit. Les pages de rang impair, ou autrement dit les versos, sont toutes semblables et portent simplement en titre : *Observations et renseignements*. Les pages de rang pair, ou autrement dit les rectos, portent un tableau imprimé disposé en colonnes verticales dont voici les numéros, les titres et les largeurs :

NUMÉROS.	TITRES.	LARGEUR.	
1	Numéros des observations.	0 ^m ,008	
2	Jours de la semaine.	0 ,010	
3	Date et mois.	0 ,016	
4	Heure où l'on a { commencé de compter.. . . .	0 ,016	
5		{ fini de compter.	0 ,016
6	Voitures allant dans un sens opposé à la marche de l'observateur (O).. . . .	0 ,044	
7	Voitures allant dans le même { ayant dépassé l'observateur (M').	0 ,024	
8		sens que l'observateur { dépassées par l'observateur (M'').	0 ,016
9	Totaux des { O.	0 ,011	
10		{ M'.	0 ,011
11		{ M''.	0 ,011
Total.		0 ^m ,183	

En tête, il est bon d'imprimer alternativement les titres ci-après :

Route n° section n° ayant une longueur de
Sens direct, allant de l'origine de la section (point métrique) à son
extrémité (point métrique).

Route n° section n° ayant une longueur de
Sens inverse, allant de l'extrémité de la section (point métrique) à son
origine (point métrique).

NOTE. — Les titres ci-dessus doivent contenir dans deux lignes prenant seulement ensemble une hauteur de 0^m,015

Les titres des colonnes verticales doivent contenir dans une hauteur de 0 ,029

La hauteur des colonnes verticales doit être de 0 ,086

Total. 0^m,130

Modèle n° 2. Relevé mensuel des comptages (format tellière simple, imprimé des deux côtés).

Les deux pages de cet imprimé portent un tableau composé de 16 colonnes verticales dont voici les numéros, les titres et les largeurs.

NUMÉROS.	TITRES.	LARGEURS.
1	Routes.	0 ^m ,008
2	Noms et grades des observateurs.	0,014
3	Jours de la semaine.	0,008
4	Jours du mois.	0,008
5	Numéros des sections.	0,008
6	Longueurs des sections.	0,014
7	Heure à laquelle le comptage (commencé.	0,014
8	de chaque section a été (terminé.	0,014
9	Durée des interruptions de comptages.	0,010
10	Temps pendant lequel on a compté.	0,014
11	Nombre de colliers allant dans	le sens opposé à la marche de l'observateur (O). 0,010
12		le même sens et l'ayant dépassé (M'). 0,010
13		que l'observateur et ayant été dépassés par lui (M''). 0,010
14	C	positifs. 0,010
15		(O + M' - M'') négatifs. 0,010
16	Observations.	0,027
Total.		0 ^m ,189

En tête de la première page doivent se trouver le titre et les mentions ci-dessous :

« Ponts et chaussées. — Département d arrondissement
d Relevé des comptages faits pendant le mois d 187
dans la subdivision de M. conducteur. »

Nota. Les heures (colonnes 7 et 8) doivent être indiquées en minutes comptées à partir de minuit; ainsi 5 heures 24 minutes du matin et 5 heures 24 minutes du soir s'écriront respectivement 324' et 1044'. Par conséquent, dans les colonnes 9 et 10, il ne devra figurer non plus que des nombres de minutes.

« 1° *Sens direct.* (L'observateur marche vers l'extrémité de la route.) »

Au bas de la page doit se trouver la note ci-dessous :

« Indiquer dans la colonne d'observations le motif des interruptions; dire, en outre, s'il y a eu des temps d'arrêt sans interruptions, tels qu'inspection de cantonniers et donner leur durée; dire s'il n'y a pas eu de foire, de marché ou d'autre cause ayant pu influer sur la circulation. »

En tête du tableau de la deuxième page, on doit imprimer :

« 2° *Sens inverse.* (L'observateur marche vers l'origine de la route.) »

A la fin de la deuxième page, on doit imprimer :

« Certifié conforme aux carnets de comptages par le conducteur soussigné.

« A le 187 -

« Vu et vérifié par l'ingénieur ordinaire soussigné qui certifie avoir porté les observations ci-dessus sur son registre de comptages, à l'exception de celles qu'il a biffées en rouge et qu'il propose d'annuler pour les motifs indiqués dans la colonne d'observations.

« A le 187 .

« Vu par l'ingénieur en chef soussigné.

« A le 187 . »

La hauteur libre des colonnes verticales doit être de 0^m,195; le papier ayant 0^m.310 de hauteur, il reste 0^m,115, ce qui est suffisant pour les titres, y compris ceux des colonnes elles-mêmes, ainsi que pour les autres indications à imprimer, soit en haut, soit en bas des pages.

Modèle n° 3. Registre des comptages. — Il est entièrement conforme, comme format et dimensions, au *registre des tournées de l'ingénieur*. Les titres sont semblables, si ce n'est que le mot *tournées* est remplacé par le mot *comptages*. A la suite des titres, viennent les instructions reproduites plus haut, puis il est bon de réserver un certain nombre de feuillets en blanc destinés à recevoir le tableau des sections et les instructions que l'ingénieur en chef croirait devoir ajouter; six feuillets suffiront, en général, pour cela. Ensuite vient le registre proprement dit, en tête duquel on peut imprimer le sous-titre : *Résultat des comptages par sections*, à moins qu'on ne préfère l'écrire à la main pour éviter la composition d'une feuille spéciale. Toutes les pages du registre proprement dit portent imprimé un tableau composé de quatorze colonnes verticales dont voici les numéros, les titres et les largeurs :

NUMÉROS.	TITRES.	LARGEURS.
1	Numéros d'ordre des comptages.	0 ^m ,011
2	Noms et fonctions des observateurs.	0 ,020
3	Jours de la semaine.	0 ,008
4	Dates et mois.	0 ,011
5	Heures auxquelles chaque comptage a été	commencé. 0 ,015
6		terminé. 0 ,015
7	Temps pendant lequel	le comptage a été interrompu. 0 ,011
8		on a compté (T). 0 ,014
9	Nombre de colliers	sens opposé à la marche de l'observateur (O). 0 ,010
10		même sens que l'ayant dépassé (M'). 0 ,010
11		allant dans le l'observateur et ayant été dépassés par lui (M'') 0 ,010
12	C	positifs. 0 ,010
13	(O + M' - M'')	negatifs. 0 ,010
14	Observations.	0 ,034
	Total.	0 ^m ,189

Modèle n° 4. Extrait du registre des comptages (format tellière double). — Les trois premières pages portent le même tableau ; il est divisé en quatorze colonnes verticales dont voici les numéros, les titres et les largeurs :

NUMÉROS.	TITRES.	LARGEURS.
1	Route.	0 ^m ,012
2	Sections de comptage.	0,012
3	Points métriques des limites de sections.	0,020
4	Longueur des sections.	0,019
5	Nombre { faits par le {	conducteur.
6		chef cantonnier.
7		comptages { total.
8	Durée totale de ces comptages (T).	0,019
9	Nombre { sens opposé à la marche de l'observateur (O).	0,012
10		de colliers { même sens que { l'ayant dépassé (M').
11		allant dans le { l'observateur et { ayant été dépassés par lui (M'')
12	Circulation totale ($O + M' - M'' = C$).	0,012
13	Circulation proportionnelle $\left(\frac{1000 C}{T}\right)$	0,012
14	Observations.	0,017
Total.		0 ^m ,189

En tête du tableau de la première page, on doit imprimer le titre ci-après :

« Ponts et chaussées. Département d , arrondissement
d
« Résumé par sections des comptages faits sur les routes du
au 187 . »

Il est inutile de rien imprimer en tête des tableaux des deuxième et troisième pages. La hauteur libre du tableau de la première page doit être de 0^m,215 ; celle des deuxième et troisième pages doit être de 0^m,250.

En tête de la quatrième page, on doit imprimer un tableau ayant pour titre : *Résumé par routes des comptages précédents*. Ce tableau doit se composer de dix-sept colonnes dont voici les numéros, les titres et les largeurs :

NUMÉROS.	TITRES.	LARGEURS.
1	Numéros des routes.	0 ^m ,008
2	Longueur.	0,016
3	Comptages réglementaires.	Nombre de comptages.
4		Durée totale des comptages.
5		O.
6		M'.
7		M''.
8		C.
9		$\frac{1000 C}{T}$
10		Nombre de comptages.
11		Durée totale des comptages.
12	Comptages de vérification.	O.
13		M'.
14		M''.
15		C.
16		$\frac{1000 C}{T}$
17	Observations.	0,019
Total.		0 ^m ,189

Ce tableau, y compris les titres, doit avoir une hauteur de 0^m,150; il est suffisant de réserver 0^m,030 pour les titres, en sorte que la hauteur libre des colonnes doit être de 0^m,120.

Au-dessous du tableau se trouve un espace laissé en blanc portant pour titre : *Observations et renseignements divers*. La hauteur de cet espace, y compris son titre, doit être de 0^m,100. Enfin, au bas de la page, on imprimera :

« Dressé par l'ingénieur ordinaire soussigné.

« Agen

, le

187 . »

Modèle n° 5. Récapitulation annuelle des comptages (format tellière double avec intercalaires. — Toutes les pages, ainsi que les intercalaires, portent un tableau composé de douze colonnes verticales dont voici les numéros, les titres et les largeurs :

TITRES.		LARGEURS.
.....		0 ^m ,018
.....		0 0,10
plage		0 0,10
de sections.		0 ,021
s routes.		0 ,016
6	Circulation dite proportionnelle 187	0 ,014
7	obtenue 187	0 ,014
8	à l'aide du comptage 187	0 ,014
9	ambulant en 187	0 ,014
10 Circulation dite réelle obtenue en multipliant le chiffre de 187 par		0 ,014
11 Circulation obtenue en 18 par le comptage fixe.		0 ,014
12 Observations.		0 ,030
Total.		0 ^m ,189

Nous ferons remarquer qu'à la troisième colonne il faut réserver, à la suite du mot *comptage*, un espace en blanc suffisant pour qu'en puisse y écrire à la main les mots *ambulant* ou *fixe*. Il faut faire de même à la suite du mot *par* (colonne 10), afin qu'on puisse y écrire à la main le coefficient qui doit être appliqué.

En tête de la première page, on doit imprimer les titres et l'observation ci-dessous :

• Ponts et chaussées. Département d Arrondissement d
Routes

Récapitulation des comptages faits pendant l'année 187 . »

Cet état sera dressé, par les ingénieurs ordinaires, en trois parties. La première donnera les circulations par sections du comptage ambulant; la deuxième les donnera par sections du comptage fixe, et la troisième par routes. A la fin on donnera les circulations moyennes de toutes les routes de l'arrondissement. Une copie en sera adressée à l'ingénieur en chef dans la première quinzaine du mois de février de l'année qui suivra celle où les comptages ont été faits. A l'aide des états ainsi dressés, l'ingénieur en chef dressera une récapitulation générale par routes et par arrondissement, donnant les moyennes relatives à chaque arrondissement; puis une récapitulation générale par routes sans distinction d'arrondissement, à la suite de laquelle se trouveront les moyennes applicables à l'ensemble des routes du département. On dressera toujours des états distincts pour les routes nationales et pour les routes départementales.

« Dressé par l'ingénieur soussigné.

« A , le 187 . »

Cet état doit être divisé en trois parties qui doivent avoir respectivement pour titres :

2° Récapitulation par sections du comptage fixe donnant la circulation trouvée par le comptage ambulant en 187 , comparée à celle qui a été trouvée par le comptage fixe en 18 ;

L'état commençant nécessairement par la première partie, il est bon d'imprimer le premier titre en tête du tableau de la première page ; quant aux autres, il faut nécessairement les inscrire à la main, attendu que l'on ne sait pas à l'avance quelle étendue occuperont les parties qui précèdent.

Pour la première partie, on devra inscrire le mot *ambulant* dans l'espace réservé, à cet effet, au titre de la colonne 3, et les sections indiquées seront, par suite, celles du comptage ambulant, lesquelles sont généralement beaucoup plus nombreuses que celles du comptage fixe. Dans la colonne 9, on inscrira les chiffres obtenus pendant l'année qui vient d'expirer au moment de la rédaction de l'état; dans les colonnes 8, 7 et 6, on inscrira ceux qui se rapportent aux années précédentes. Par suite, dans le premier état produit, la colonne 9 sera seule remplie, et les colonnes 6, 7 et 8 resteront en blanc. Dans la première partie, on devra naturellement laisser en blanc les colonnes 10 et 11 : la première parce qu'il est inutile de la remplir; la seconde parce que ce serait impossible.

Dans la deuxième partie, le mot *fixe* sera inscrit à la suite du mot *comptage* au titre de la colonne 3. Par suite, les chiffres à inscrire dans cette colonne et les suivantes sont ceux qui se rapportent au comptage fixe dont les sections comprennent, en général, plusieurs sections du comptage ambulant; il est, d'ailleurs, essentiel, que les sections du comptage ambulant forment toujours des subdivisions du comptage fixe; sans cela il serait difficile de comparer entre eux les résultats fournis par les deux méthodes. Il est d'ailleurs entendu que, dans cette partie, toutes les colonnes doivent être remplies. L'année à inscrire dans la colonne 10 est celle qui vient de s'écouler; ce sont les résultats recueillis pendant sa durée qui doivent seuls être réduits, afin qu'on puisse les comparer à ceux du dernier comptage fixe.

Aucune explication nouvelle ne nous paraît nécessaire pour la manière de dresser la troisième et dernière partie.

Peut-être trouvera-t-on minutieuses les explications qui précèdent, mais elles nous ont paru utiles, tant pour faciliter l'impression des formules que leur usage.

La marche que nous avons indiquée suffit, comme on le voit, pour déterminer complètement la circulation; elle peut donc, à plus forte raison, suffire pour vérifier les résultats du comptage fixe. La circulaire ministérielle du 23 août dernier, conseillant uniquement à ce titre l'emploi du comptage ambulant, on peut se demander s'il ne serait pas possible de simplifier encore l'application de la méthode dès l'instant où elle ne doit servir qu'à ce but restreint; c'est ce que les ingénieurs qui voudront en faire usage pourront rechercher; pour nous, cela ne nous a pas paru possible. D'ailleurs nous avons été à même de vérifier que l'application complète du comptage ambulant n'offre aucune difficulté. Avant de charger les ingénieurs ordinaires de la tenue du registre des comptages, nous avons d'abord fait tenir dans notre bureau un registre unique pour tout le département, ce qui n'a pas pris un temps considérable. Ce registre a été confié au commis d'ordre, qui a pu s'en acquitter sans négliger en rien ses autres fonctions; ce travail sera encore plus facile lorsqu'il sera réparti entre les ingénieurs ordinaires; c'est, d'ailleurs, celui qui prend le plus de temps.

Nous terminons en priant ceux de nos collègues qui voudront appliquer le comptage ambulant de ne pas perdre de vue qu'il y a toujours certaines difficultés à vaincre au début de l'application de toute méthode nouvelle; l'expérience que nous avons faite de celle-ci, depuis longtemps et dans divers services, nous a prouvé

que ces difficultés sont faciles à surmonter. Nous devons dire que nous n'avons pas eu à lutter, jusqu'ici, contre une de celles que nous redoutions le plus : nous voulons parler de la mauvaise volonté des agents chargés de la surveillance des routes; ces agents pouvaient objecter, en effet, que l'application du comptage ambulant gênait les opérations à faire par eux dans leurs tournées, alors qu'il permet uniquement de mieux contrôler l'emploi de leur temps; c'est une nouvelle preuve, d'ailleurs, du dévouement que les employés des ponts et chaussées de tous les ordres apportent à l'accomplissement de leurs fonctions.

Agen, le 1^{er} décembre 1875.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES.

CHRONIQUE.

Janvier 1876.

N° 5

SOCIÉTÉ AMICALE DE SECOURS
des anciens élèves de l'École Polytechnique (*).

DISCOURS

PRONONCÉ LE 19 DÉCEMBRE 1875, A L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE,

Par M. CAILLAUX, Ministre des Travaux publics.

Les anciens élèves de l'École Polytechnique, membres de la *Société amicale de secours*, se sont réunis pour la septième fois, le dimanche 19 décembre 1875, sous la présidence de M. Caillaux, ingénieur des ponts et chaussées, ministre des Travaux publics, qui, en prenant place au fauteuil, a prononcé le discours suivant:

« Messieurs et chers camarades,

« Depuis 1869, notre société amicale de secours s'est réunie trois fois: une première fois en 1872, sous la présidence du vénéré doyen des anciens élèves, du savant M. Mathieu qui, pendant qua-

(*) Fondée en 1865, la Société compte dix années d'existence, et le rapport de son secrétaire (*le commandant Pradelle*) a fait ressortir l'extension rapide qu'elle a prise, en résumant les résultats obtenus pendant cette première période décennale.

Les deux premières assemblées générales se sont tenues à la Sorbonne, toutes les autres à l'École même, dans l'amphithéâtre de chimie.

rante-cinq ans, a été successivement répétiteur, professeur, examinateur; il n'est aucun de nous qui l'ait oublié. Il vous a retracé l'origine de l'École, rappelé les services rendus par les officiers, par les ingénieurs qu'elle a fournis, et, avec l'autorité qui lui appartenait, il a montré que les élèves qui en sont sortis ont toujours et partout apporté, dans l'exercice de leurs fonctions, le sentiment moralisateur qui est une des forces du pays.

« La seconde fois, en 1873, c'est un des chefs les plus éminents du corps des ingénieurs des ponts et chaussées, M. l'inspecteur général Reynaud, qui, dans un langage élevé et sympathique, a fait le récit des travaux exécutés par les ingénieurs, des difficultés qu'ils ont à surmonter, qu'ils surmontent souvent avec talent et toujours avec courage. Il en pouvait parler mieux que personne celui qui a organisé et dirigé si longtemps les travaux d'éclairage et de balisage de nos côtes, et a rendu de si grands services à la marine de la France et du monde entier.

« Enfin, en 1874, c'est M. le général de Chabaud La Tour, le directeur des travaux de défense pendant le siège de Paris, qui a reconnu et honoré chez tous les anciens élèves de l'École le dévouement du soldat dont il a donné lui-même de si brillants exemples, et qui, après avoir rappelé les noms de ceux qui ont succombé pendant les récents événements qui ont affligé la patrie, nous adjurait de rester de bons et loyaux citoyens.

« Ces trois hommes éminents représentent ensemble dans leur type le plus élevé tous les élèves des promotions que l'École Polytechnique a fournis à nos services civils et militaires.

« C'est le savant d'abord, travailleur infatigable et modeste, qui transmet à ceux qui le suivent les connaissances qu'il a reçues et qu'il a développées plus tard par ses travaux personnels.

« C'est ensuite l'ingénieur qui fait exécuter nos grands travaux publics et qui dirige les exploitations de nos grandes compagnies industrielles.

« C'est enfin l'officier des armes spéciales qui, pendant la paix, applique le calcul et l'expérience à la construction et au perfectionnement de notre matériel militaire, et qui, pendant la guerre, verse généreusement son sang pour la défense du pays.

« J'éprouverais aujourd'hui quelque embarras, messieurs et chers camarades, à me trouver, après ceux que j'ai cités, appelé à présider votre réunion, si je ne pensais qu'en me choisissant vous avez seulement voulu honorer en moi le ministre du président de la République, de M. le maréchal de Mac-Mahon, qui après avoir vaillamment combattu devant l'ennemi, pour l'honneur et le salut de

la patrie, sait aujourd'hui lui conserver la paix, maintenir l'ordre, et qui ne se sert du pouvoir dont il a été investi qu'avec un esprit de conciliation et de désintéressement bien digne de l'hommage de tous.

« La confiance qu'il inspire au pays ne sera pas trompée. Vous y pouvez compter, comme il doit aussi pouvoir compter absolument sur le concours de tous les bons citoyens, et, à ce titre, sur le vôtre, car ce n'est pas seulement une instruction étendue que vous avez reçue à l'École Polytechnique, c'est encore une éducation qui inspire le respect des droits acquis, qui est basée sur l'esprit de sacrifice aux intérêts du pays, sur un très-vif et très-sincère amour de la liberté et de l'égalité, non pas de l'égalité chimérique qu'on obtiendrait par le renversement de tout ce qui est une force, de tout ce qui est une puissance, de tout ce qui est une richesse, de tout ce qui est une vertu ; mais de l'égalité qu'on peut obtenir par l'élévation des esprits et des cœurs, formés à comprendre également ce qui est bon et ce qui est bien, à servir également ce qui est vrai et ce qui est juste.

« Et, messieurs, vous avez encore cet avantage, ou plutôt vous rendez ce service que vous communiquez les mêmes sentiments à tous ceux qui servent à côté de vous. C'est ainsi, pour en citer un exemple, que les corps des gardes-mines et des conducteurs des ponts et chaussées comme les corps auxiliaires du génie ont acquis une réputation méritée d'honorabilité et de dévouement au service de l'État.

« On l'a bien vu pendant la guerre ; vous avez su exercer autour de vous l'influence qu'assure le courage et le patriotisme.

« On l'a bien vu depuis par la part que vous avez prise à la reconstitution de nos forces militaires et au développement si nécessaire de notre outillage national.

« Nous avons fait depuis cinq ans, chaque année, plus de travaux de canaux, de ports de mer, de chemins de fer qu'on n'en avait exécuté pendant les plus prospères des années précédentes, et nous nous préparons à en faire davantage encore pour lutter avec succès dans la bataille de la vie commerciale et industrielle. L'Assemblée nationale n'a pas hésité, par des lois récentes, à doter nos grands travaux des allocations nécessaires pour les étendre, les améliorer et les développer encore. Notre génération a vu le percement des Alpes et l'ouverture de l'isthme de Suez ; nous préparons, avec une confiance dans le succès que justifient de récentes études, l'exécution du tunnel sous la Manche.

« A côté de nous, nos camarades du génie et de l'artillerie réta-

blissent les travaux de défense du territoire et restituent à nos arsenaux les armes et les approvisionnements perdus pendant la guerre; ils étudient les modifications et les perfectionnements à y apporter, ils poursuivent l'application des découvertes de la science. Hier encore, l'un d'eux, le colonel du génie Laussedat, que je salue, en lui adressant d'ici, en votre nom comme au mien, une cordiale marque de sympathie, poursuivant ses expériences aérostatiques, était précipité sur le sol, victime de son dévouement aux recherches scientifiques dont il avait été chargé.

« De la part de tous, enfin, c'est le travail actif, persévérant, le travail qui élève et grandit les hommes, comme il élève et grandit les peuples, le travail dont vous avez appris à fournir *la plus grande somme possible dans le moindre espace de temps*, le travail qu'aucun de vous n'a abandonné, dans la vie militaire comme dans la vie civile, comme dans la vie industrielle à laquelle se sont voués quelques-uns que nous voyons, à la tête des grandes entreprises de nos compagnies de chemins de fer comme aussi des plus importants établissements de mines ou de métallurgie, partout aux premiers rangs.

« Ce n'est pas à dire que nous soyons sans défauts; on assure même le contraire et je n'ai pas de peine à le croire. On a par ce motif, à diverses époques, formé le projet de changer le mode de recrutement des divers services qu'occupent aujourd'hui les élèves sortis de l'École Polytechnique; mais on y a toujours renoncé, tant l'institution est vivace, tant l'arbre produit des fruits sains et nourrissants, quoique l'écorce en soit parfois un peu rude.

« Un des orateurs politiques de notre temps, nommé aujourd'hui sénateur et même académicien, conseillait il y a peu de temps à ses amis de rendre la République *aimable* pour la faire mieux accueillir, et il avait bien raison. J'emploierais volontiers son expression pour conseiller à nos jeunes camarades de s'efforcer d'unir au savoir, à la droiture du cœur, à la précision de l'esprit, les qualités *aimables* qui en augmentent le prix.

« Je ne veux pas insister et j'aurais d'ailleurs grand^e peine à le faire, car outre qu'il ne m'appartient pas de juger personne, mon estime et mon respect pour les chefs des corps auxquels nous appartenons ont encore grandi depuis que j'ai vu de plus près la quantité de travaux qu'ils produisent, l'esprit de justice et de désintéressement qui les anime, et enfin, quoi qu'on en puisse dire, cette simplicité qui n'est peut-être pas toujours sans orgueil, mais qui est assurément sans vanité.

« Vous m'avez écouté, messieurs et chers camarades, avec une

bienveillance qui me touche profondément. Cette réunion, la place que vous m'y avez accordée, l'honneur que je ressens, resteront assurément dans mes souvenirs au nombre des plus vifs et des plus émouvants. Je termine en vous en remerciant et en rendant hommage au sentiment de fraternité qui vous réunit ici.

« En venant en aide aux fils de nos camarades morts sans fortune avant d'avoir pu les élever, vous ne voulez pas seulement les mettre à l'abri de la faim et du froid, les soutenir dans leur jeune âge, vous voulez encore leur donner une éducation qui en fasse à leur tour d'honnêtes gens et de bons citoyens, ce qui est en ce monde le suprême bien et le suprême honneur. »

N° 6

M. DE BÉTANCOURT.

Parmi les plus anciens élèves-externes de l'École des ponts et chaussées, il en est un dont le souvenir s'est conservé à un double titre. Son nom revient chaque année, dans le cours de Navigation intérieure, à l'occasion d'un ingénieux système qu'il imagina pour économiser la totalité de l'eau employée au passage des écluses. Puis *M. de Bétancourt* a fait honneur à l'École, car il a été directeur général des voies de communication en Russie.

Nous trouvons ce dernier fait incidemment rappelé dans un article nécrologique qui a paru au *Journal des Débats* du 15 décembre. On y lit ce qui suit :

« La mort vient de frapper un des membres les plus distingués de la colonie russe de Paris : M. le lieutenant général Alphonse de Bétancourt vient de succomber à une longue et douloureuse maladie. Son origine était française. Les Bétancourt, comme les Ango, étaient des armateurs dieppois. Un Bétancourt conquit les Iles Canaries. Ses descendants servirent l'Espagne. A la fin du siècle dernier, Catherine II appela à son service un ingénieur espagnol qui n'était autre qu'un descendant de la race chevaleresque des Bétancourt. Cet ingénieur était, en 1808, chef supérieur du génie civil de Russie. Ce fut lui qui engagea l'empereur Napoléon à lui prêter le concours de quelques ingénieurs des ponts et chaussées afin de réorganiser le corps des ingénieurs civils de

Russie. Alors, suivant une expression pittoresque du comte Molé, l'empereur fit cadeau à son frère de Russie de quatre ingénieurs qui dotèrent la Russie d'une école des ponts et chaussées semblable à celle de France. Cet immense service rendit populaire en Russie le nom de Bétancourt.... »

Les quatre ingénieurs auxquels fait allusion l'article du *Journal des Débats* habitaient encore la Russie en 1832. C'étaient : MM. Bazaine, inspecteur divisionnaire ; Fabre et Potier, ingénieurs en chef, et Destrem jeune, ingénieur ordinaire. [Voir *Ann. 1832, État du personnel*, p. 25.]

F. M.

N° 7

BIBLIOGRAPHIE.

NOTICE BIOGRAPHIQUE SUR M. J. CALLON,

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES,

Par M. JACQMIN, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

NOTE ANALYTIQUE

Par M. MALEZIEUX, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

La dernière livraison des *Annales des mines* (la 4^e de 1875) contient une notice biographique très-étendue sur M. J. Callon, inspecteur général des mines, mort le 8 juin 1875. L'auteur de cette notice est un ingénieur en chef, non pas des mines, mais des ponts et chaussées, M. Jacqmin. Il y a tant de liens entre les deux corps, que des détails circonstanciés et précis sur une personnalité aussi marquante que celle de M. Callon ne sauraient être indifférents pour les lecteurs des *Annales des ponts et chaussées*. Voilà pourquoi nous croyons devoir leur signaler le travail de M. Jacqmin.

Nous n'entreprendrons pas de l'analyser ici dans son entier; nous nous bornerons à en extraire quelques faits qui, recueillis au passage, pourront avoir pour d'autres l'intérêt qu'ils ont eue pour nous.

LES TROIS ÉCOLES DES MINES.

M. Callon a été pendant trente-trois ans professeur : d'abord à l'École des mineurs de Saint-Étienne (1839-1845), puis à celle des maîtres-ouvriers mineurs d'Alais (1845-1848), enfin à l'École des mines de Paris (1848-1872).

L'École des mineurs de Saint-Étienne a été fondée par le gouvernement, en 1817, pour former des ingénieurs chargés de la direction des mines et des établissements métallurgiques; elle fournit aussi quelques sujets pour des emplois de gardes-mines.

L'École des maîtres-ouvriers mineurs d'Alais, instituée par une ordonnance royale du 22 septembre 1843, ne fut organisée en fait qu'en 1845. On la considère comme ayant été véritablement créée par M. Callon, qui en fut alors nommé directeur. Le but de cette école est de « donner une instruction théorique, modeste mais suffisante, à des jeunes gens justifiant, par la production de leur

« livret, qu'ils ont travaillé pendant un an au moins comme ouvriers dans une mine ». On n'exige pas d'autres connaissances pour l'admission que la lecture, l'écriture, les quatre règles et une orthographe passable. Présenté sous la forme la plus simple, l'enseignement comprend l'arithmétique et la géométrie élémentaire, l'arpentage, le dessin linéaire, les levés souterrains, des notions de physique, de chimie, de minéralogie, de géologie et d'exploitation des mines. Dans l'intervalle des leçons de chaque année, et pendant deux périodes différentes de trois mois chacune, les élèves sont exercés à la pratique du travail des mines dans les différentes exploitations du bassin minéralogique d'Alais. Un conseil d'administration réunit, savoir : le sous-préfet, un membre du conseil général, le maire d'Alais, l'ingénieur en chef des mines du département, l'ingénieur directeur de l'École et deux concessionnaires de mines.

M. Jacquin signale la précision « polytechnique » qui a présidé à la rédaction des programmes d'études de cette école d'Alais : les tableaux de l'emploi du temps, les mesures d'ordre, de discipline et d'hygiène, la composition de l'ordinaire, etc. Et ces minutieux détails, si consciencieusement réglés, lui inspirent la réflexion suivante :

« Il est quelquefois question de modifier l'enseignement de l'École Polytechnique. On dit qu'il faut diminuer la théorie et aborder de suite les idées pratiques. Rien de plus erroné, à mon avis. Voici un homme des premiers de sa promotion, un des plus forts en analyse, l'émule de Delaunay, eh bien ! personne ne l'égalera dans l'organisation de son école d'Alais : il précisera ce qu'il faut acheter d'huile pour la modeste cuisine de ses élèves..... Quand l'enseignement donné à une seule promotion produit des hommes comme Michel, Molard, Delaunay, Le Châtelier, Callon, pour ne parler que des morts, on peut dire que cet enseignement laisse peu à désirer, et que, si une réforme était à faire, il conviendrait de revenir au programme d'une époque qui a donné tant d'hommes distingués au pays. »

Nous ne voudrions pas être moins discret que M. Jacquin et citer d'autres noms dans cette vigoureuse promotion de 1854, qui est doublement et si dignement représentée à l'École des ponts et chaussées. Revenons donc à M. Callon.

Il a professé pendant vingt-trois ans à l'École des mines de Paris. « Dans ce long intervalle de temps, il a perfectionné sans cesse l'ordre de ses leçons et le détail de son enseignement. « Mêlé de la façon la plus active à presque toutes les entreprises minières de la France et à celles d'une grande partie du conti-

« nent, initié par sa connaissance des langues anglaise, allemande et espagnole à tout ce qui se publiait sur l'art des mines, il rapportait tout à ses cours, et il a élevé (en publiant ceux-ci) un véritable monument. »

Ce monument est malheureusement resté inachevé, la mort ayant interrompu la publication que M. Callon avait commencée en 1871 : pour le cours de machines comme pour le cours d'exploitation des mines, deux volumes seulement sur trois ont paru. Mais ces quatre volumes ont déjà rendu et rendront pendant longtemps encore de grands services. D'ailleurs les travaux manuscrits qu'a laissés M. Callon permettront probablement de compléter la publication. « Ce sera, disait sur sa tombe M. l'ingénieur en chef des mines Dupont, ce sera le pieux labeur de M. Georges Callon, et son premier travail d'ingénieur, de mener à bonne fin l'œuvre remarquable de son père. » Notre jeune camarade est encore sur les bancs de l'École des ponts et chaussées : il fera honneur, nous l'espérons bien, à cet engagement pris en son nom.

COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR.

M. Callon a fait partie pendant vingt-trois ans (1852-1875) de la *Commission centrale des machines à vapeur*.

On sait que cette commission est principalement composée d'ingénieurs des ponts et chaussées et des mines, « des ingénieurs des deux corps les plus versés dans ces matières », écrivait en 1874 M. le directeur général Becquey. Son premier président a été M. de Prony ; M. Grüner est le quatrième.

Secrétaire-rapporteur de cette commission de 1860 à 1872, M. Callon ne lui a pas soumis moins de 428 rapports. Les objets traités peuvent se classer en quatre catégories, savoir :

- 1° Explosions ou accidents de chaudières ou de machines ;
- 2° Questions nombreuses et variées d'inventions ;
- 3° Questions techniques et contentieuses soulevées par l'application des ordonnances royales, des décrets impériaux et des arrêtés ministériels ;
- 4° Questions spéciales, telles que l'emploi des gaz comprimés, la circulation des machines sur les routes ordinaires, etc.

M. Callon a contribué pour une grande part à la transformation qu'a subie, par le décret du 25 janvier 1865, le régime légal des machines à vapeur : à l'ancienne réglementation ce décret substituait la liberté et la responsabilité. M. Jacquin résume ainsi qu'il suit le régime actuel :

« L'administration publique ne se désintéresse pas des machines

« à vapeur ; elle est renseignée sur leur existence par une déclaration obligatoire.

« Chaque constructeur peut donner à ses chaudières telle épaisseur qui lui convient ; mais il faut et il suffit que ces chaudières résistent à des épreuves définies.

« Enfin les ingénieurs de l'État continuent à exercer une certaine surveillance, mais leurs attributions sont simplifiées. Ils n'ont plus à exercer une sorte de tutelle générale ; ils veillent à l'exécution des dispositions réglementaires, au bon entretien des chaudières et des appareils de sûreté ; mais ils laissent aux tribunaux ordinaires le soin d'apprécier les dommages qui peuvent résulter du voisinage d'une machine à vapeur. »

M. Jacqmin cite à ce propos quelques passages d'un rapport remarquable, dans lequel M. Callon avait, au nom d'une sous-commission, rendu compte d'une vaste enquête et formulé des propositions de réforme. Quelques autres citations du même genre viennent un peu plus loin ; et l'auteur, habitué à chercher la morale de toute chose, ajoute la remarque suivante : « Servie, dit-il, par des ingénieurs qui écrivent les lignes que nous venons de copier, et dont elle fait des professeurs, l'administration française est une administration libérale ; ce qui n'est pas libéral, c'est le pays lui-même, qui parle sans cesse de liberté, mais qui sans cesse aussi réclame la réglementation. »

La Commission centrale des machines à vapeur n'était pas le seul terrain pratique sur lequel la science profonde de M. Callon trouvât à s'exercer. Il était passé maître dans un art que le Ministre rappelait, hier même, à l'amphithéâtre de l'École Polytechnique, l'art de *fournir la plus grande somme possible de travail dans le moindre espace de temps* : il a constamment pris part, comme ingénieur-conseil ou comme directeur, à des exploitations minières ou métallurgiques de premier ordre, en France, en Belgique, en Espagne. Nous ne suivrons pas l'auteur dans cette partie de la notice, où pourtant abondent de très-curieux détails : on les trouvera dans les *Annales des mines*. En nous bornant à la partie classique d'une carrière si brillamment remplie, nous admettons comme un fait incontestable que les grandes entreprises auxquelles s'est associé, si heureusement pour elles, M. Callon, ont puissamment contribué à lui donner sur son auditoire cette *influence morale* qui, suivant M. Jacqmin, est nécessaire au succès d'un professeur.

Paris, 20 décembre 1875.

N° 8

CHEMINS DE FER FRANÇAIS.

NOTE

Sur les sommes déversées par les six grandes compagnies de chemins de fer, au profit du nouveau réseau, de 1864 à 1875.

Par M. L. AUCOC, président de Section au Conseil d'État.

Les *Annales des ponts et chaussées* ont publié récemment un très-intéressant mémoire de M. de Labry, ingénieur des ponts et chaussées, sur les rapports financiers établis pour la construction des chemins de fer entre l'État et les six principales compagnies de chemins de fer. Ce travail, beaucoup plus développé que l'étude de M. Aimé Joly sur le même sujet, insérée dans le *Journal des actuaires français* (juillet 1873 et avril 1874), a d'abord le mérite de présenter les stipulations financières des conventions dans de nombreux tableaux qui rapprochent les chiffres extraits des documents parlementaires ou des documents réunis au ministère des travaux publics et en font ressortir la portée et les effets actuellement constatés. Mais en outre, il donne, pour un certain nombre de points, le résultat des calculs personnels de M. de Labry, sur les conséquences que pourront avoir dans l'avenir les conventions qui, d'ailleurs, depuis la publication de ce travail, ont été notablement remaniées, soit quant aux chiffres, soit quant à certains détails du système, par les lois du 3 juillet 1875 pour la compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée, du 14 décembre suivant pour la compagnie du Midi, du 30 dé-

cembre pour la compagnie du Nord, du 31 décembre pour les compagnies de l'Est et de l'Ouest (*).

Toutefois il y manque un élément qui a une certaine importance et qu'il nous paraît utile de mettre en entier sous les yeux des lecteurs des *Annales*.

On sait qu'une des clauses des conventions impose aux compagnies l'obligation de pourvoir, avant l'État, à l'insuffisance des produits du second réseau, au moyen des revenus de l'ancien réseau, quand ils dépassent un chiffre déterminé, qu'on appelle revenu réservé. Cette combinaison, qui limite les bénéfices des actionnaires, a pris le nom de *déversoir*.

Dans quelles conditions a fonctionné le déversoir depuis 1864, époque où le régime, établi par les conventions, est entré en vigueur? Il y a là des chiffres intéressants à un double point de vue. D'une part, il est bon de savoir, pour chacune des compagnies, quels sont les excédants de bénéfice de son ancien réseau, quelles sont les sommes qu'elle déverse pour diminuer d'autant la garantie d'intérêt de l'État, et quelles en ont été les fluctuations. D'autre part, il est utile de constater quels ont été, sur ce point spécial, les résultats des travaux des commissions de vérification des comptes, instituées par le ministre des travaux publics pour l'application des clauses financières des conventions.

(*) Nous sommes heureux de saisir cette occasion de rappeler que, lorsque nous avons rédigé notre Étude sur la constitution du réseau des chemins de fer français, insérée aux mois de novembre et décembre 1874, dans la *Revue critique de législation et de jurisprudence*, nous avons eu sous les yeux un rapport manuscrit adressé au Conseil d'État par le ministre des travaux publics pour l'étude d'une question spéciale, et dans lequel M. de Labry donnait déjà les principaux éléments du travail qui a été publié par les *Annales*. Nous avons comparé, avec profit, ses tableaux à ceux qu'avait donnés M. Aimé Jaÿ, et avec les résultats des longues recherches que nous avons faites nous-même dans les documents parlementaires et dans les archives des commissions de vérification des comptes, dont nous avons l'honneur de diriger les travaux depuis 1871.

Dans son tableau n° 70, M. de Labry ne donne que la somme déversée pour l'année 1873 par quatre compagnies, celles de l'Est, du Midi, d'Orléans et de l'Ouest, et ce renseignement est donné d'après les rapports des conseils d'administration faits en 1874.

M. l'inspecteur général Morandière, dont la perte a été si justement regrettée, avait fait dresser en 1873, d'après les livres des six grandes compagnies et les rapports faits par les conseils d'administration, un tableau des sacrifices faits pour le nouveau réseau, depuis 1864 jusqu'à la fin de 1872, en y comprenant : 1° les sommes payées par l'État, à titre de garantie d'intérêt; 2° les sommes déversées par les compagnies sur les produits de l'ancien réseau; 3° les sommes, entrant dans la composition du revenu réservé, qui sont prélevées sur les produits de l'ancien réseau, pour parfaire la différence existant entre le taux de l'intérêt et de l'amortissement garanti par l'État, et le taux des charges qui, d'après les conventions, sont censées supportées par les compagnies pour leurs emprunts (*).

En empruntant à ce travail les chiffres qui se rapportent aux sommes déversées par les compagnies, et en le complétant par les renseignements donnés dans les rapports postérieurs des conseils d'administration, nous trouvons les résultats contenus dans le tableau suivant :

(*) D'après les conventions de 1859, de 1863 et de 1868, l'État ne garantissait l'intérêt et l'amortissement des dépenses faites pour le nouveau réseau que jusqu'à concurrence de 4,655 p. 100, et il était admis que les obligations émises par les compagnies, sauf celle du Nord, leur imposeraient en moyenne une charge de 5,75; la différence était donc de 1,10. Pour la compagnie du Nord, la différence était seulement de 0,85. Les nouvelles conventions approuvées par les lois des 14, 30 et 31 décembre 1875 ont dérogé à ce système pour les compagnies de l'Est, du Midi, du Nord et de l'Ouest. Pour ces compagnies, il n'y a plus de forfait à l'égard du taux de leurs emprunts : l'État leur tient compte des charges effectives; la différence entre le taux garanti et le taux effectif qui doit entrer dans la composition du revenu réservé, ne peut donc plus être fixée d'avance.

COMPAGNIES.	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869
Est.	1 206.487,21	1 579.543,67	2 253.376,80	4 994.897,78	4 156.434,47	6 792 983,58			
Midi.	"	977.430,90	1 984.484,97	3 216.681,94	3 535.381,29	2 120.316,77			
Nord (").	"	1 067.647,20	790.314,47	935.370,55	3 707.590,38	2 871 603,64			
Orléans.	"	1 665.691,67	4 011 935,26	5 063.603,59	502 100,23	5 515 216,28			
"	"	1 274.666,84	1 223.396,81	2 377.618,85	558.345,67	901 515,21			
"	"	7 289.498,20	16 369 025,51	24 153.397,67	24 988.839,83	8 317.818,20			
	1 206.487,21	13 441.478,64	26 632.583,82	40 741.770,38	37 468.681,87	26 618.543,74			
	1870	1871	1872	1873	1874	TOTALX			
"		389.070,58	9 140.211,51	11 228.807,65	4 703 832,47	46 445 645,75			
379 020,55	8 013.195,26	4 840.535,70	6 837.880,81	6 830.984,23	8 830.984,23	38 373 933,05			
681.196,60	2 618.349,45	5 091.349,39	5 281.189,39	5 281.189,39	4 868.821,12	27 883 482,29			
"	8 904.180,77	7 419.435,96	2 438.153,69	2 438.153,69	3 400.933,34	39 009 190,78			
"	1 371.194,12	1 539.424,81	149.122,34	149.122,34	159.481,19	9 661 745,47			
8 697.123,10	13 291.784,90	13 986 729,58	17 379.881,28	17 379.881,28	16 736.387,22	151 220 754,25			
9 707.340,34	34 615.774,48	42 047 740,97	43 315 055,16	43 315 055,16	36 709 329,57	312 594 752,78			

« données pour la compagnie du Nord et pour la
aris à Lyon et à la Méditerranée, et qui se trouvent
« liquidation annexé au rapport des conseils d'ad-
« lstration, indiquent la totalité de l'insuffisance des recettes du
« ondu pour subvenir à ses charges. Ces deux compagnies,
« ont pas fait appel à la garantie d'intérêt, et ont payé au débet
« versées à la décharge de la garantie d'intérêt de l'État et les sommes
« entrant dans la composition du revenu réservé pour faire face à la
« différences existant entre le taux d'intérêt et d'amortissement ga-
« rant par l'État et le taux effectif, tel qu'il est stipulé dans les con-
« ventions. Les chiffres qu'elles donnent sont donc, sans vérification,
« puis des chiffres qui leur imputent le seul déficit.

Nous avons fait des recherches dans les livres de vérification des comptes, après les travaux publics, et qui ont servi de base définitive de la garantie d'intérêt des compagnies de l'Est, du Midi, d'Orléans pendant l'année 1871 inclusivement, sauf les modifications apportées, en ce qui concerne la répartition, à la suite de deux arrêts du Conseil d'État du 24 juillet 1874. Nous y avons joint des chiffres donnés par les conseils d'administration et les rendus au profit de l'État.

	1865	1866	1867
78	3.262.007,52	4.086 729,31	6 789.964,02
	1.133.990,78	2.948.269,69	3 402.715,41
	6.983 664,53	1.350.083,93	7.282.505,23
	1.185.263,00	1.489.653,50	2.296 784,67
	1869	1870	1871
59	6.897.691,85	• (*)	3.253.774,63
37	2 213.713,66	453.398,12	• (**)
49	8.488.725,50	509.102,76	7.998.383,54
67	991.543,21	• (*)	1.378.439,12

Les chiffres de l'ancien réseau ont été, en 1870, pour la compagnie de l'Est de 2.548.933,84, et pour la compagnie de l'Ouest de 2.548.933,84, et terminés.

Le chiffre du déversoir a varié beaucoup, d'année en année, suivant les compagnies, mais pour expliquer ces variations, il faudrait développer les développements, non-seulement sur les recettes pendant certaines années, mais en 1870 et 1871, mais en outre sur

la situation spéciale de chaque compagnie, sur la composition de l'ancien et du nouveau réseau, sur le moment où les insuffisances du nouveau réseau ont cessé d'entrer dans le compte de premier établissement, et sont venues grever le compte d'exploitation de l'ancien réseau. Il suffit d'avoir signalé les résultats et d'avoir mis nos lecteurs sur la trace des causes de ces différences.

On voit de plus, en rapprochant les deux tableaux, d'abord que le montant total des sommes déversées par les six grandes compagnies de 1864 à 1875 est, quant à présent, de 536.145.685^f,07, — en second lieu, que la révision, faite par les commissions de vérification des comptes, a produit une augmentation du déversoir qui s'élève, de 1864 à 1871, à la somme de 23.550.932^f,34. Ce n'est pas, il s'en faut de beaucoup, le seul résultat des vérifications, mais il nous a néanmoins paru mériter d'être mis en lumière à côté des chiffres qui sont l'objet principal de cette note.

N° 9**NOTE****SUR****LES CALCULS DE STABILITÉ DES POUTRES CONTINUES****REPOSANT SUR PLUS DE DEUX POINTS D'APPUI****ET AYANT DES MOMENTS D'INERTIE VARIABLES DANS LES DIFFÉRENTES
SECTIONS VERTICALES.****Par M. KLEITZ, inspecteur général des ponts et chaussées.**

Lorsque les poutres qui supportent le tablier d'un pont sont discontinues au droit des points d'appui, on obtient immédiatement les réactions de ces points par les règles de la statique élémentaire. On peut calculer les efforts tranchants et les moments de flexion, dans les diverses sections verticales d'une poutre, sans qu'il y ait à considérer la flexion qu'elle prend, puisque les efforts tranchants et les moments de flexion sont uniquement fonction des poids appliqués à la poutre. Mais lorsqu'une poutre continue repose sur plus de deux points d'appui, les réactions de ceux-ci, les efforts tranchants et les moments de flexion sont en outre fonction des moments d'inertie dans les différentes sections verticales.

La méthode employée jusqu'à présent pour les calculs de stabilité des poutres continues est basée sur l'hypothèse que le moment d'inertie est constant dans toute l'étendue de ces poutres. Or cette hypothèse étant tout à fait en désaccord avec la réalité, ces calculs présentent une incertitude qui n'existe pas pour les poutres discontinues. Cette incertitude n'est sans doute pas étrangère à la préfé-

rence dont sont l'objet ces dernières poutres, surtout pour les grandes portées, de la part de beaucoup d'ingénieurs qui s'attachent par-dessus tout à mettre les dispositions de la charpente des ponts en parfaite concordance avec la théorie qui sert à déterminer les dimensions de ses divers éléments.

Il est cependant facile d'établir, par des calculs peu compliqués, l'équilibre statique des poutres continues, presque avec le même degré d'exactitude que celui des poutres discontinues. Il est en tous cas utile de connaître l'importance des erreurs qu'entraîne l'hypothèse de la constance du moment d'inertie. C'est ce que je me propose de montrer dans la présente note.

Lorsque le moment d'inertie est invariable, le théorème des trois moments de flexion est exprimé par l'équation :

$$(1) \quad \begin{cases} aM + 2(a + a')M' + a'M'' = \Sigma P \frac{d}{a} (a^2 - d^2) + \\ \Sigma P' \frac{d'}{a'} (a'^2 - d'^2) + 6EI \left(\frac{y - y'}{a} + \frac{y'' - y'}{a'} \right). \end{cases}$$

a et a' représentent les portées de deux travées consécutives, M , M' et M'' les moments de flexion sur leurs trois points d'appui, P et P' les poids qui sollicitent respectivement la première et la seconde travée, d et d' les distances des points d'application des divers poids P et P' à partir de celle des extrémités de chaque travée qui est la plus éloignée du point d'appui commun, et enfin y , y' , y'' les ordonnées des trois points d'appui. E est le coefficient d'élasticité.

Dans l'équation ci-dessus, comme dans tout ce qui va suivre, je donne aux moments de flexion le même signe qu'aux rayons de courbure de la ligne passant par les centres de gravité des sections verticales, après la flexion de la poutre. Comme les ordonnées positives de cette ligne sont censées dirigées de haut en bas, de même que les

poids, les rayons de courbure sont positifs lorsque la courbe de flexion est concave dans le même sens.

Il s'agit de trouver la relation qui existe entre les moments M , M' et M'' , en ayant égard à la variation du moment d'inertie I .

M. Bresse a résolu cette question depuis 1871 et a donné l'équation suivante (*):

$$(2) \left\{ \begin{aligned} & \frac{M}{a^2} \int_0^a \frac{x(a-x)dx}{EI} + M' \left[\frac{1}{a^2} \int_0^a \frac{(a-x)^2 dx}{EI} + \right. \\ & \left. \frac{1}{a'^2} \int_0^{a'} \frac{(a'-x')^2 dx'}{EI'} \right] + \frac{M''}{a'^2} \int_0^{a'} \frac{x'(a'-x')dx'}{EI'} = \\ & - \frac{1}{a} \int_0^a \frac{(a-x)\varphi(x)dx}{EI} - \frac{1}{a'} \int_0^{a'} \frac{(a'-x')\varphi'(x')dx'}{EI} + \frac{y-y'}{a} + \frac{y''-y'}{a'} \end{aligned} \right.$$

$\varphi(x)$ et $\varphi'(x')$ sont les moments de flexion en un point quelconque de l'une et de l'autre travées en les supposant discontinues au-dessus de leurs points d'appui, les abscisses x et x' doivent d'ailleurs se compter dans chaque travée, à partir de l'appui commun (**).

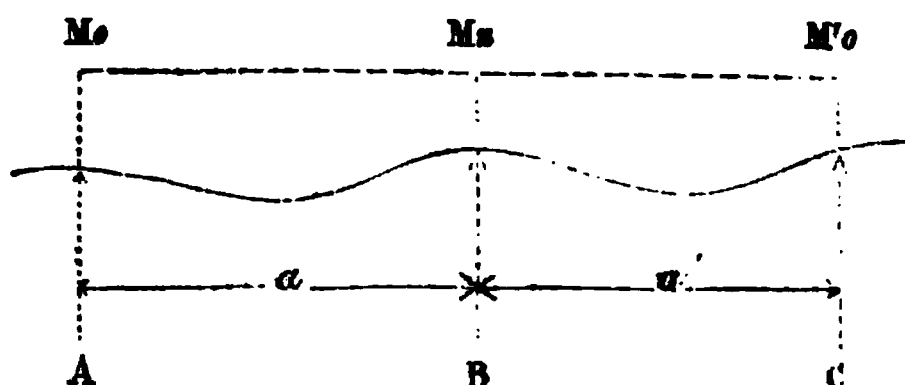
Avant que M. Bresse m'eût fait connaître cette équation fort élégante et très-facile à démontrer, j'en avais trouvé une dont la démonstration est beaucoup plus longue, mais qui, une fois obtenue, me paraît mieux se prêter aux applications pratiques. Au fond, elles sont nécessairement concordantes, et elles ne diffèrent évidemment que par la forme.

Concevons qu'on divise une travée de longueur a , en n parties égales, ayant une longueur λ , et dont chacune

(*) M. Macquorn Rankine avait obtenu, antérieurement, une équation toute semblable, sauf qu'il y faisait figurer des intégrales doubles et quadruples, ce qui est facile à éviter.

(**) Il est à remarquer que dans l'équation (2), telle que je l'ai écrite, les fonctions $\varphi(x)$ et $\varphi'(x')$ ont toujours des valeurs négatives en raison du sens dans lequel les moments de flexion sont considérés comme positifs.

supporte un poids uniformément réparti sur sa longueur propre, et a un moment d'inertie constant.



Désignons pour les éléments λ successifs :

Les charges uniformes par. . . . $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$;

Les moments d'inertie par. . . . $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$;

Les efforts tranchants à l'origine

de chaque élément par. . . . $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{n-1}$;

Les moments de flexion à l'origine

de chaque élément par. . . . $M_0, M_1, M_2, \dots, M_{n-1}$;

Les ordonnées de la courbe des centres de gravité des sections verticales à l'origine de chaque élément par. . . . $y_0, y_1, y_2, y_3, \dots, y_{n-1}$;

Les tangentes des angles que cette courbe forme avec l'horizon, à l'origine de chaque élément, par. . . . $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_{n-1}$.

Pour un point quelconque pris à une distance x , de l'origine du premier élément, on a :

$$EI_1 \frac{d^2 y}{dx^2} = M_0 - T_0 x + \frac{1}{2} p_1 x^2,$$

$$EI_1 \left(\frac{dy}{dx} - \varphi_0 \right) = M_0 x - \frac{1}{2} T_0 x^2 + \frac{1}{6} p_1 x^3,$$

$$EI(y_1 - y_0) = \frac{1}{2} M_0 x^2 - \frac{1}{6} T_0 x^3 + \frac{1}{24} p_1 x^4 + EI\varphi_0 x.$$

En faisant $x = \lambda$ dans ces trois équations, et en divisant les dernières par I , on a :

$$M_1 - M_0 = -\lambda T_0 + \frac{\lambda^2}{2} p_1,$$

$$E(\varphi_1 - \varphi_0) = \lambda \frac{M_0}{I_1} - \frac{\lambda^2}{2} \frac{T_0}{I_1} + \frac{\lambda^3}{6} \frac{p_1}{I_1},$$

$$E(y_1 - y_0) = \frac{\lambda^2}{2} \frac{M_0}{I_1} - \frac{\lambda^3}{6} \frac{T_0}{I_1} + \frac{\lambda}{24} \frac{p_1}{I_1} + \lambda E\varphi_0.$$

Pour le second élément λ , on a :

$$M_2 - M_1 = \lambda T_1 + \frac{\lambda^2}{2} p_2,$$

$$E(\varphi_2 - \varphi_1) = \lambda \frac{M_1}{I_1} - \frac{\lambda^2}{2} \frac{T_1}{I_1} + \frac{\lambda^3}{6} \frac{p_2}{I_1},$$

$$E(y_2 - y_1) = \frac{\lambda^2}{2} \frac{M_1}{I_1} - \frac{\lambda^3}{6} \frac{T_1}{I_1} + \frac{\lambda^4}{24} \frac{p_1}{I_1} + \lambda E\varphi_1.$$

En substituant dans ces équations les valeurs de M_1 , φ_1 et y_1 tirées de celles qui concernent le premier élément, on trouve :

$$M_2 - M_0 = -\lambda(T_0 + T_1) + \frac{\lambda^2}{2} (p_1 + p_2),$$

$$E(\varphi_2 - \varphi_0) = \lambda \left(\frac{M_0}{I_1} + \frac{M_1}{I_2} \right) - \frac{\lambda^2}{2} \left(\frac{T_0}{I_1} + \frac{T_1}{I_2} \right) + \frac{\lambda^3}{6} \left(\frac{p_1}{I_1} + \frac{p_2}{I_2} \right),$$

$$E(y_2 - y_0) = \frac{\lambda^2}{2} \left(\frac{3M_0}{I_1} + \frac{M_1}{I_2} \right) - \frac{\lambda^3}{6} \left(\frac{4T_0}{I_1} + \frac{T_1}{I_2} \right) + \frac{\lambda^4}{24} \left(\frac{5p_1}{I_1} + \frac{p_2}{I_2} \right) + 2\lambda E\varphi_0.$$

Pour le troisième élément, on trouvera de la même manière :

$$M_3 - M_0 = -\lambda(T_0 + T_1 + T_2) + \frac{\lambda^2}{2} (p_1 + p_2 + p_3),$$

$$E(\varphi_3 - \varphi_0) = \lambda \left(\frac{M_0}{I_1} + \frac{M_1}{I_2} + \frac{M_2}{I_3} \right) - \frac{\lambda^2}{2} \left(\frac{T_0}{I_1} + \frac{T_1}{I_2} + \frac{T_2}{I_3} \right) + \frac{\lambda^3}{6} \left(\frac{p_1}{I_1} + \frac{p_2}{I_2} + \frac{p_3}{I_3} \right),$$

$$E(y_3 - y_0) = \frac{\lambda^2}{2} \left(\frac{5M_0}{I_1} + \frac{3M_1}{I_2} + \frac{M_2}{I_3} \right) - \frac{\lambda^3}{6} \left(\frac{7T_0}{I_1} + \frac{4T_1}{I_2} + \frac{T_2}{I_3} \right) + \frac{\lambda^4}{24} \left(\frac{9p_1}{I_1} + \frac{5p_2}{I_2} + \frac{p_3}{I_3} \right) + 3E\lambda\varphi_0.$$

En continuant ainsi jusqu'au n° élément, on obtient pour celui-ci les équations ci-après :

$$(1) \quad \begin{cases} M_n - M_0 = -\lambda(T_0 + T_1 + T_2 + \dots + T_{n-1}) + \\ \frac{\lambda^2}{2}(p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n), \end{cases}$$

$$(2) \quad E(\varphi_n - \varphi_0) = \begin{cases} \lambda \left(\frac{M_0}{I_1} + \frac{M_1}{I_2} + \frac{M_2}{I_3} + \dots + \frac{M_{n-1}}{I_n} \right) - \frac{\lambda^2}{2} \left(\frac{T_0}{I_1} + \frac{T_1}{I_2} + \frac{T_2}{I_3} + \dots + \frac{T_{n-1}}{I_n} \right) + \frac{\lambda^3}{6} \left(\frac{p_1}{I_1} + \frac{p_2}{I_2} + \frac{p_3}{I_3} + \dots + \frac{p_n}{I_n} \right). \end{cases}$$

$$(3) \quad E(y_n - y_0) = \begin{cases} \frac{\lambda^3}{2} \left[(2n-1) \frac{M_0}{I_1} + (2n-3) \frac{M_1}{I_2} + (2n-5) \frac{M_2}{I_3} + \dots + \frac{M_{n-1}}{I_n} \right] \\ \frac{\lambda^3}{6} \left[(3n-2) \frac{T_0}{I_1} + (3n-5) \frac{T_1}{I_2} + (3n-8) \frac{T_2}{I_3} + \dots + \frac{T_{n-1}}{I_n} \right] \\ \frac{\lambda^4}{24} \left[(4n-3) \frac{p_1}{I_1} + (4n-7) \frac{p_2}{I_2} + (4n-11) \frac{p_3}{I_3} + \dots + \frac{p_n}{I_n} \right] \\ nE\lambda\varphi_0. \end{cases}$$

Ces trois équations peuvent s'écrire comme il suit, l'indice i prenant successivement tous les nombres entiers depuis 1 jusqu'à n :

$$(4) \quad M_n - M_0 = -\lambda \sum_1^n T_{i-1} + \frac{\lambda^2}{2} \sum_1^n p_i.$$

$$(5) \quad E(\varphi_n - \varphi_0) = \lambda \sum_1^n \frac{M_{i-1}}{I_i} - \frac{\lambda^2}{2} \sum_1^n \frac{T_{i-1}}{I_i} + \frac{\lambda^3}{6} \sum_1^n \frac{p_i}{I_i}.$$

$$(6) \quad E[(y_n - y_0) - n\lambda\varphi_0] = \begin{cases} \frac{\lambda^3}{2} \sum_1^n (2n+1-2i) \frac{M_{i-1}}{I_i} - \\ \frac{\lambda^3}{6} \sum_1^n (3n+1-3i) \frac{T_{i-1}}{I_i} + \frac{\lambda^4}{24} \sum_1^n (4n+1-4i) \frac{p_i}{I_i}. \end{cases}$$

Cette dernière équation peut encore être mise sous cette forme :

$$(6bis) \quad E[(y_n - y_0) - n\lambda\varphi_0] = \begin{cases} (2n+1) \frac{\lambda^3}{2} \sum_1^n \frac{M_{i-1}}{I_i} - (3n+1) \frac{\lambda^3}{6} \sum_1^n \frac{T_{i-1}}{I_i} \\ (4n+1) \frac{\lambda^4}{24} \sum_1^n \frac{p_i}{I_i} - \frac{\lambda^3}{2} \sum_1^n 2i \frac{M_{i-1}}{I_i} \\ \frac{\lambda^3}{6} \sum_1^n 3i \frac{T_{i-1}}{I_i} - \frac{\lambda^4}{24} \sum_1^n 4i \frac{p_i}{I_i}. \end{cases}$$

Les équations (5) et (6 bis) donne :

$$E[\lambda \varphi_n - (y_n - y_0)] = \begin{cases} \frac{\lambda^2}{2} \sum_1^n (2i-1) \frac{M_{i-1}}{I_i} - \frac{\lambda^2}{6} \sum_1^n (3i-1) \frac{T_{i-1}}{I_i} + \\ \frac{\lambda^2}{24} \sum_1^n (4i-1) \frac{p_i}{I_i}. \end{cases}$$

Maintenant en ajoutant successivement, d'abord les relations qui donnent $(T_1 - T_0)$, $(T_2 - T_1)$, $(T_3 - T_2)$, et ensuite celles qui donnent $(M_1 - M_0)$, $(M_2 - M_1)$, $(M_3 - M_2)$, ... on trouve :

$$(8) \quad T_i = T_0 - \lambda(p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_i).$$

$$(9) \quad \begin{cases} M_i = M_0 - i\lambda T_0 + \frac{\lambda^2}{2} [(2i-1)p_1 + (2i-3)p_2 + \\ (2i-5)p_3 + \dots + p_i]. \end{cases}$$

Par la combinaison de ces deux relations, on obtient les suivantes :

$$\begin{aligned} \sum_1^n (2i-1) \frac{M_{i-1}}{I_i} &= \left\{ \left(\frac{1}{I_1} + \frac{3}{I_2} + \frac{5}{I_3} + \frac{7}{I_4} + \dots + \frac{2n-1}{I_n} \right) M_0 - \right. \\ &\quad \lambda \left[\frac{1.3}{I_1} + \frac{2.5}{I_2} + \frac{3.7}{I_3} + \frac{4.9}{I_4} + \dots + \frac{(n-1)(2n-1)}{I_n} \right] T_0 \\ &\quad + \frac{\lambda^2}{2} \left\{ \frac{3}{I_1} p_1 + \frac{5}{I_2} (3p_1 + p_2) + \frac{7}{I_3} (5p_1 + 3p_2 + p_3) \right. \\ &\quad \left. + \frac{9}{I_4} (7p_1 + 5p_2 + 3p_3 + p_4) + \dots + \right. \\ &\quad \left. \frac{(2n-1)}{I_n} [(2n-3)p_1 + (2n-5)p_2 + (2n-7)p_3 + \dots + p_{n-1}] \right\} \\ \sum_1^n (3i-1) \frac{T_{i-1}}{I_i} &= \left\{ \left(\frac{2}{I_1} + \frac{5}{I_2} + \frac{8}{I_3} + \frac{11}{I_4} + \dots + \frac{3n-1}{I_n} \right) T_0 - \right. \\ &\quad \lambda \left[\frac{5}{I_1} p_1 + \frac{8}{I_2} (p_1 + p_2) + \frac{11}{I_3} (p_1 + p_2 + p_3) + \dots \right. \\ &\quad \left. \frac{3n-1}{I_n} (p_1 + p_2 + \dots + p_{n-1}) \right] \end{aligned}$$

$$(12) \left\{ \begin{array}{l} \frac{\lambda^2}{2} \sum_1^n (2i-1) \frac{M_{i-1}}{I_i} - \\ \frac{\lambda^2}{6} \sum_1^n (3i-1) \frac{T_{i-1}}{I_i} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\lambda}{2} \left(\frac{1}{I_1} + \frac{3}{I_2} + \frac{5}{I_3} + \frac{7}{I_4} + \dots + \frac{2n-1}{I_n} \right) \\ \frac{\lambda}{3} \left[\frac{1}{I_1} + \frac{3 \cdot 1 \cdot 3 + 5}{I_2} + \frac{3 \cdot 2 \cdot 5 + 8}{I_3} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 7 + 11}{I_4} \right. \\ \quad \left. + \frac{3(n-1)(2n-1) + 3n-1}{I_n} \right] T, \\ \frac{\lambda^4}{4} \left[\frac{3}{I_2} p_1 + \frac{5}{I_3} (3p_1 + p_2) + \frac{7}{I_4} (5p_1 + 3p_2 + p_3) \right. \\ \quad \left. + \frac{2n-1}{I_n} [(2n-3)p_1 + (2n-5)p_2 + \dots + p_{n-1}] \right] \\ \frac{\lambda^4}{6} \left[\frac{5}{I_2} p_1 + \frac{8}{I_3} (p_1 + p_2) + \frac{11}{I_4} (p_1 + p_2 + p_3) \right. \\ \quad \left. + \frac{(3n-1)}{I_n} (p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_{n-1}) \right] \end{array} \right.$$

On a d'ailleurs :

$$(13) \quad \frac{\lambda^4}{24} \sum_1^n (4i-1) \frac{p_i}{I_i} = \frac{\lambda^4}{24} \left[\frac{3p_1}{I_1} + \frac{7p_2}{I_2} + \frac{11p_3}{I_3} + \frac{15p_4}{I_4} + \dots + \frac{(4n-1)p_n}{I_n} \right]$$

Pour simplifier les écritures, représentons les séries qui précèdent par les lettres A, B, C, D, E, savoir :

$$(14) \left\{ \begin{array}{l} A = \left(\frac{1}{I_1} + \frac{3}{I_2} + \frac{5}{I_3} + \frac{7}{I_4} + \dots + \frac{2n-1}{I_n} \right), \\ B = \left[\frac{2}{I_1} + \frac{3 \cdot 1 \cdot 3 + 5}{I_2} + \frac{3 \cdot 2 \cdot 5 + 8}{I_3} + \dots + \frac{3(n-1)(2n-1) + 3n-1}{I_n} \right] T, \\ C = \left[\frac{3}{I_2} p_1 + \frac{5}{I_3} (3p_1 + p_2) + \frac{7}{I_4} (5p_1 + 3p_2 + p_3) + \dots + \frac{(2n-1)}{I_n} [(2n-3)p_1 + (2n-5)p_2 + \dots + p_{n-1}] \right], \\ D = \left[\frac{5}{I_2} p_1 + \frac{8}{I_3} (p_1 + p_2) + \frac{11}{I_4} (p_1 + p_2 + p_3) + \dots + \frac{3n-1}{I_n} (p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_{n-1}) \right], \\ E = \left[\frac{3p_1}{I_1} + \frac{7p_2}{I_2} + \frac{11p_3}{I_3} + \dots + (4n-1) \frac{p_n}{I_n} \right]. \end{array} \right.$$

L'équation (7) peut alors s'écrire comme il suit :

$$E[n\lambda\varphi_n - (y_n - y_0)] = \frac{\lambda^2}{2} AM_0 - \frac{\lambda^3}{6} BT_0 + \frac{\lambda^4}{4} C + \frac{\lambda^4}{6} D + \frac{\lambda^4}{24} E,$$

ou bien :

$$6E\varphi_n - \frac{6E(y_n - y_0)}{n\lambda} = \frac{3\lambda}{n} AM_0 - \frac{\lambda^2}{n} BT_0 + \frac{\lambda^3}{4} \frac{6C + 4D + E}{n}.$$

Représentons encore par F la série qui termine l'équation (9) :

$$(16) \quad F = [(2n-1)p_1 + (2n-3)p_2 + (2n-5)p_3 + \dots + p_n],$$

nous aurons :

$$(17) \quad M_n - M_0 = -n\lambda T_0 + \frac{1}{2} \lambda^2 F.$$

Par l'élimination de T_0 entre les équations (15) et (17), on a :

$$(18) \quad \left\{ \begin{aligned} 6E\varphi_n - \frac{6E(y_n - y_0)}{n\lambda} &= \frac{\lambda}{n^2} BM_n + \frac{\lambda}{n^2} (3nA - B)M_0 - \\ &\frac{\lambda^3}{4n^2} [2BF - n(6C + 4D + E)]. \end{aligned} \right.$$

et en remplaçant $n\lambda$ par a :

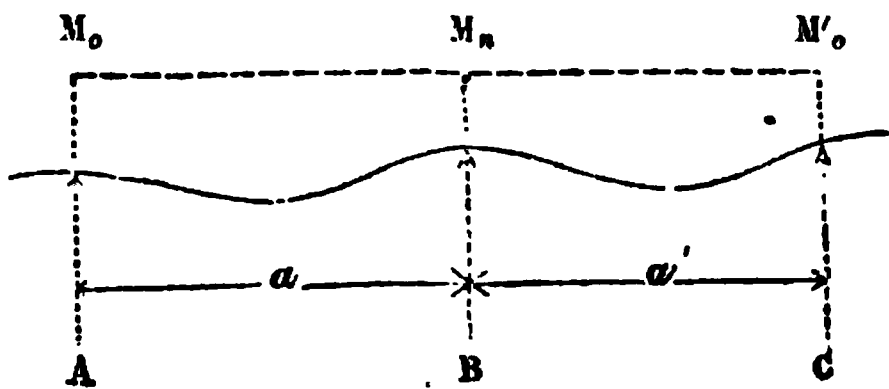
$$(19) \quad \left\{ \begin{aligned} 6E\varphi_n - \frac{6E(y_n - y_0)}{a} &= \frac{Ba}{n^2} M_n + \frac{(3nA - B)a}{n^2} M_0 - \\ &\frac{a^3}{4} \left[\frac{2BF - n(6C + 4D + E)}{n^2} \right]. \end{aligned} \right.$$

Enfin je désigne :

$$(19 \text{ bis}) \quad \left\{ \begin{aligned} &\text{la série } (3nA + B) \text{ par } G \\ &\text{et la série } 2BF - n(6C + 4D + E) \text{ par } H \end{aligned} \right.$$

et j'écris l'équation précédente comme il suit :

$$(20) \quad 6E\varphi_n - \frac{6E(y_n - y_0)}{a} = \frac{B}{n^2} a M_n + \frac{G}{n^2} a M_0 - \frac{H}{n^2} \cdot \frac{a^3}{4}.$$



Cette équation s'applique à la première travée AB. Mais tout ce qui précède est applicable à la seconde travée, si on la considère à partir du point C et en allant vers B. En sorte qu'on peut poser, pour cette seconde travée, une équation identique, savoir :

$$(21) \quad 6E\varphi'_n - \frac{6E(y'_n - y'_0)}{a'} = \frac{B'}{n'^3} \cdot a' M'_n + \frac{G'}{n'^3} a' M'_0 - \frac{H'}{n'^3} \cdot \frac{a'^3}{4}.$$

Or, par suite de la continuité de la poutre, il faut que

$$\varphi'_n = -\varphi_n, \quad M'_n = M_n \quad \text{et} \quad y'_n = y_n.$$

En conséquence, les équations (20) et (21) donnent :

$$(22) \quad \begin{cases} \frac{G}{n^3} a M_0 + \left(\frac{B}{n^3} a + \frac{B'}{n'^3} a' \right) M_n + \frac{G'}{n'^3} \cdot a' M'_0 = \\ \frac{H}{n^3} \frac{a^3}{4} + \frac{H'}{n'^3} \cdot \frac{a'^3}{4} + 6E \left(\frac{y_0 - y_n}{a} + \frac{y'_0 - y_n}{a'} \right). \end{cases}$$

Telle est la relation qui exprime, à l'aide des trois séries G, B et H, le théorème des trois moments dans le cas le plus général où non-seulement le moment d'inertie, mais encore les poids auxquels la poutre est soumise, sont variables.

Pour rendre cette équation mieux comparable à celle qui correspond à l'hypothèse de l'invariabilité du moment d'inertie, je désigne les moments de flexion sur trois appuis consécutifs, par M, M' et M'' et les ordonnées de ces mêmes points d'appui par y, y' et y''. Elle s'écrira alors comme il suit:

$$(23) \quad \begin{cases} \frac{G}{n^3} \cdot a \cdot M + \left(\frac{B}{n^3} a + \frac{B'}{n'^3} a' \right) M' + \frac{G'}{n'^3} \cdot a' \cdot M'' = \\ \frac{H}{n^3} \cdot \frac{a^3}{4} + \frac{H'}{n'^3} \cdot \frac{a'^3}{4} + 6E \left(\frac{y - y'}{a} + \frac{y'' - y'}{a'} \right). \end{cases}$$

Il faut se rappeler que dans chaque travée les séries G B et H doivent se calculer en allant des points d'appui extrêmes vers le point d'appui commun.

On voit, par la composition de toutes les séries qui concourent à former finalement les trois qui entrent dans l'équation précédente, que toutes se composent d'un nombre n de termes, égal au nombre des éléments λ dans lesquels la longueur a de la travée est divisée, et que dans chaque série le terme correspondant au même élément est multiplié par le rapport inverse $\frac{1}{I}$ du moment d'inertie dans cet élément. Si l'on commence par calculer ces séries comme si le moment d'inertie était constant, ce qui se fait très-rapidement, il suffira ensuite de multiplier chaque terme par un nombre proportionnel à $\frac{1}{I}$. Il importe de remarquer qu'il n'est pas besoin de connaître les valeurs absolues des moments d'inertie, mais seulement leur valeur relative. En effet, si l'on prend pour terme de comparaison un moment d'inertie I_k quelconque, et qu'on fasse $I_1 = i_1 I_k$, $I_2 = i_2 I_k$, $I_3 = i_3 I_k$, la quantité $\frac{1}{I_k}$ sera un facteur commun à tous les termes dans toutes les séries et disparaîtra dans l'équation (23).

De même pour les poids p_1, p_2, p_3, \dots on en prendra un p_k pour terme de comparaison, de manière que $p_1 = \pi_1 p_k$, $p_2 = \pi_2 p_k, \dots$ On calculera d'abord la série F et puis la série H au moyen des nombres proportionnels π_1, π_2, π_3 , et l'on multipliera le résultat trouvé par p_k .

On vérifie aisément que l'équation (23) se ramène à l'équation (1) lorsque le moment d'inertie est constant et les poids p_1, p_2, p_3, \dots égaux.

Dans ce cas, les séries (14) deviennent :

$$A = \frac{1}{I} \sum_1^n (2i - 1),$$

$$B = \frac{1}{I} \sum_1^n (6i^2 - 6i + 2),$$

$$C = \frac{p}{I} \sum_1^n (2i^3 - 5i^2 + 4i - 1),$$

$$D = \frac{p}{I} \sum_1^n (3i^2 - 4i + 1),$$

$$E = \frac{p}{I} \sum_1^n (4i - 1),$$

$$F = p \sum_1^n (2n - 2i + 1).$$

Les sommes sous le signe Σ se calculent au moyen des formules connues :

$$\sum_1^n i^3 = \frac{1}{4} n^4 + \frac{1}{2} n^3 + \frac{1}{4} n^2,$$

$$\sum_1^n i^2 = \frac{1}{3} n^3 + \frac{1}{2} n^2 + \frac{1}{6} n,$$

$$\sum_1^n i = \frac{1}{2} n^2 + \frac{1}{2} n,$$

$$\sum_1^n 1 = n.$$

On trouve ainsi :

$$A = \frac{n^2}{I}, \quad B = \frac{2n^3}{I}, \quad G = 3nA - B = \frac{n^3}{I},$$

$$C = \left(\frac{1}{2} n^4 - \frac{2}{3} n^3 + \frac{1}{6} n \right) \frac{p}{I}, \quad D = \left(n^3 - \frac{1}{2} n^2 - \frac{1}{2} n \right) \frac{p}{I},$$

$$E = (2n^2 + n) \frac{p}{I}, \quad F = n^2 p,$$

$$H = 2BF - n(6C + 4D + E) = n^4 \cdot \frac{p}{I}.$$

Par la substitution de ces valeurs, l'équation (25) devient:

$$aM + 2(a + a') M' + a' M'' = \frac{a^3}{4} p + \frac{a'^3}{4} p' + 6EI \left(\frac{y - y'}{a} + \frac{y'' - y'}{a'} \right).$$

J'ai montré, dans une note du 20 septembre 1875, que, pour le calcul des effets des surcharges mobiles auxquelles un pont peut être soumis, il est permis de remplacer ces surcharges par des poids équivalents uniformément répartis. Dans la pratique, on pourra donc toujours supposer que les poids p_1, p_2, \dots, p_n sont égaux dans la même travée.

Voici maintenant comment on procédera pour l'application de l'équation (23) :

En prenant pour n un nombre assez grand pour obtenir des résultats suffisamment approchés, on calculera les différents termes des séries B, G et H, en supposant les poids égaux et le moment d'inertie constant. On établira ainsi, une fois pour toutes, un premier tableau (A) qui restera invariable quels que soient les moments d'inertie et les portées des travées.

On calculera après cela, dans chaque cas particulier, les moments $M, M', M'', M''' \dots$ sur tous les points d'appui dans la même hypothèse de la constance du moment d'inertie dans toute l'étendue de la poutre et de la répartition uniforme des poids sur chaque travée. Puis on déterminera, par la méthode usitée, les sections verticales de la poutre de manière à satisfaire aux limites assignées aux tensions et compressions maxima. On en déduira une première évaluation des moments d'inertie et de leurs rapports. En introduisant ces rapports dans les séries B, G et H du tableau (A), on obtiendra par l'application de l'équation (23) de nouvelles valeurs des moments de flexion sur les points d'appui, lesquelles différeront des premières. Mais ces différences seront assez faibles pour ne pas influencer sensiblement sur les rapports à établir définitivement entre les moments d'inertie, en sorte qu'on pourra se dispenser de corriger les valeurs relatives des moments d'inertie. Il ne sera dès lors pas nécessaire de faire une seconde fois l'application de l'équation (23), et l'on admettra comme définitifs, pour servir de base à la déter-

variation des dimensions transversales de la poutre, les moments de flexion obtenus par la première application. On verra tout à l'heure que ces calculs sont réellement compliqués. Cela tient à la facilité que procure le tableau général (A).

L'équation (2) de M. Bresse aurait le même avantage, à condition de recevoir une transformation. La fonction $\varphi(x)$ représentant les moments de flexion dans l'hypothèse où la poutre serait discontinue au-dessus des points d'appui, on a :

$$\varphi(x) = -\frac{1}{2} p(a-x)x.$$

En substituant cette valeur de $\varphi(x)$ dans l'équation (2) en remplaçant ensuite les intégrales par des sommes avec différences finies $\Delta x = \frac{a}{n}$, on retrouverait l'équation

(23).

Dans les poutres métalliques, les moments d'inertie se composent d'une quantité constante correspondant à l'âme aux cornières, et d'une partie variable correspondant aux deux tables. Celle-ci peut être exprimée approximativement par le nombre de lames en tôle qui par leur superposition forment ces tables.

Soient, dans une section verticale donnée, K le nombre de tôles de la table supérieure, ω la section transversale de tôle, v la distance moyenne de ces tôles au centre de gravité de la section de la poutre, et K', ω', v' les quantités correspondantes de la table inférieure, le moment d'inertie sera sensiblement égal à :

$$I = J + K\omega v^2 + K'\omega'v'^2,$$

la partie de ce moment qui est indépendante du nombre des tôles.

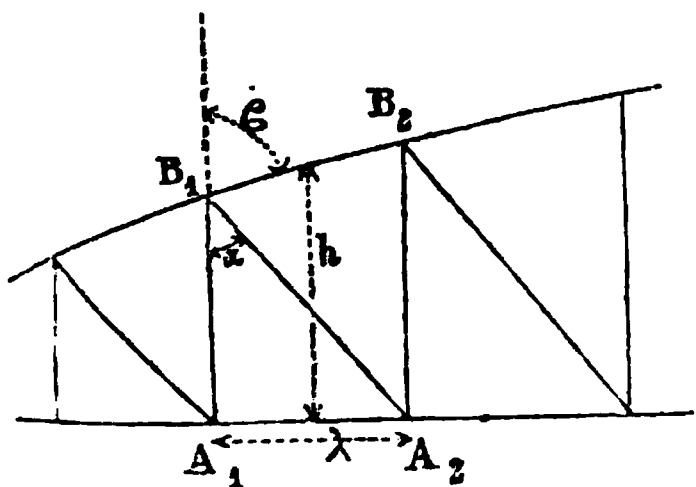
D'après la disposition usitée jusqu'à présent, les poutres

qui s'étendent à plusieurs travées ont une hauteur constante, et lorsque les tables sont reliées par un treillis croisé, elles doivent avoir la même épaisseur dans la même section verticale. Alors $K = K'$ et $v = v'$, et en faisant $v + v' = h$, on a ;

$$I = J + \frac{K\omega h^2}{4},$$

$$(24) \quad \frac{1}{I} = \frac{4}{\omega h^2} \left(\frac{1}{K + \frac{4J}{\omega h^2}} \right) = \frac{4}{K\omega h^2} \left[1 - \frac{4J}{K\omega h^2} + \left(\frac{4J}{K\omega h^2} \right)^2 - \text{etc.} \right].$$

Comme J est généralement très-petit par rapport à $\frac{K\omega h^2}{4}$, on peut se contenter des premiers termes de la série entre parenthèses. Comme il ne s'agit d'ailleurs que de connaître les valeurs relatives de $\frac{1}{I}$ pour l'application de l'équation (23), on peut se contenter à cet effet de supposer en général $\frac{1}{I} = \frac{4}{K\omega h^2}$.



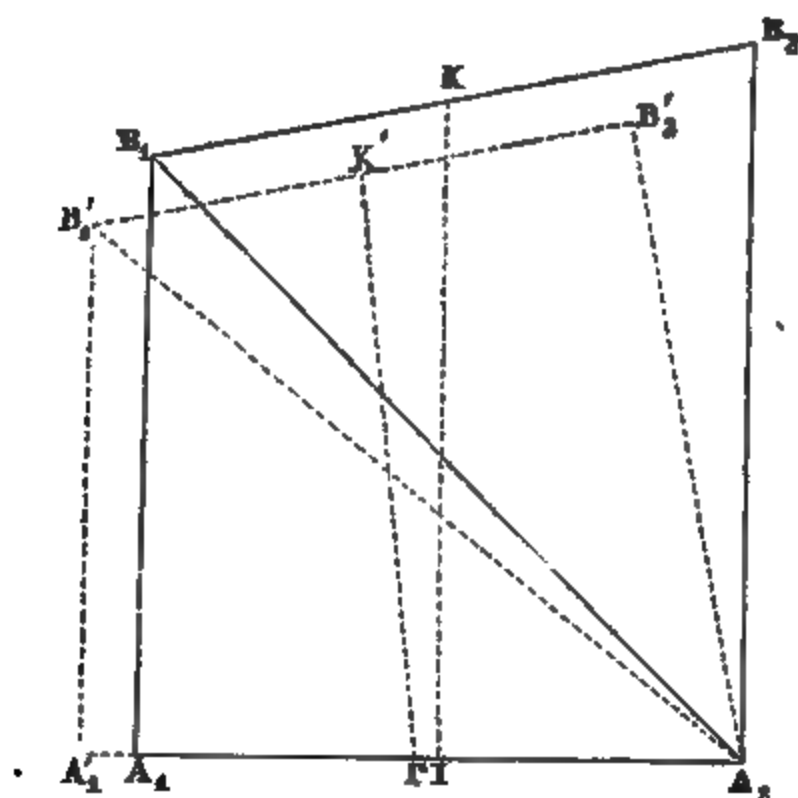
Lorsqu'une poutre est disposée avec un treillis non croisé, suivant le diagramme qui est représenté par la figure ci-contre, sa déformation dépend des allongements des pièces tendues et des

raccourcissements des pièces comprimées. Sans examiner à fond cette question, qui demanderait d'assez longs développements, je me bornerai à faire remarquer que cette déformation peut être ramenée à la flexion de la semelle inférieure et qu'ainsi l'équation (23) sera encore applicable.

On établit aisément les formules qui donnent, dans un panneau quelconque $A_1B_1A_2B_2$, les tensions ou compressions

des pièces dont il se compose, en admettant que dans les sections transversales de chacune de ces pièces la résultante des forces élastiques est dirigée suivant son axe longitudinal. Les parties de tables A_1A_2 et B_1B_2 travaillent toujours en sens contraire; le tirant B_1A_2 est toujours tendu et les montants A_1B_1 et A_2B_2 sont toujours comprimés. Supposons que B_1B_2 soit comprimé, A_1A_2 tendu, ainsi que cela a lieu dans tous les panneaux d'une poutre posée sur deux appuis seulement. Si la section transversale Ω de chaque pièce est calculée de manière que celle-ci travaille à la limite θ (la poutre est alors un solide d'égale résistance), elles s'allongeront ou se raccourciront toutes dans la proportion $\frac{\theta}{E}$ de leur longueur. Ces variations de longueur étant extrêmement petites, les pièces du panneau conserveront sensiblement leurs directions relatives. La pièce A_1A_2 sera allongée de $\frac{\theta}{E} \lambda$. Celle B_1B_2 , ayant une longueur $\frac{\lambda}{\sin \theta}$, sera raccourcie de $\frac{\theta \lambda}{E \sin \theta}$, et la projection horizontale de ce raccourcissement sera égale à $\frac{\theta}{E} \cdot \lambda$. La pièce B_1A_2 ayant une longueur égale à $\frac{\lambda}{\sin \alpha}$ s'allongera de $\frac{\theta \lambda}{E \sin \alpha}$ dont la projection horizontale sera encore égale à $\frac{\theta}{E} \lambda$. Le montant A_1B_1 ayant une longueur $\frac{\lambda}{\tan \alpha}$ se raccourcira de $\frac{\theta \lambda}{E \tan \alpha}$, et enfin le montant A_2B_2 ayant une longueur $\lambda \left(\frac{1}{\tan \alpha} + \frac{1}{\tan \theta} \right)$ s'allongera de $\frac{\theta \lambda}{E} \left(\frac{1}{\tan \alpha} + \frac{1}{\tan \theta} \right)$. En faisant abstraction des mouvements giratoires des diverses pièces, on se rend compte que les sommets du quadrilatère $A_1B_1A_2B_2$ prendront les positions relatives à

a, p, v, n , marquées par les lignes pointillées de la figure ci-contre. Les deux montants A_1B_1 et A_2B_2 s'inclineront



l'un vers l'autre de manière à former un angle $B_1A_2B_2'$, la petite distance A_1A_2' étant égale à $\frac{6\lambda}{E}$ et cette B_1B_2' à $\frac{26\lambda}{E}$. La ligne $I'K'$ joignant les milieux de $A_1'A_2$ et $B_1'B_2$ prendra par rapport à $A_1'B_1$ une inclinaison qui sera mesurée par un rapprochement égal à $\frac{6\lambda}{E}$ pour la hauteur $I'K' = h$. En réalité, cette inclinaison résultera d'une flexion de la semelle A_1A_2 , dont la courbure sera déterminée par un rayon R , qui satisfera à la proportion :

$$R : \frac{\lambda}{2} :: h : \frac{6\lambda}{E} \quad \text{d'où} \quad R = \frac{26}{Eh}.$$

En appelant x et y les coordonnées de la ligne des centres de gravité des sections transversales de la semelle A_1A_2 après sa flexion, on a :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{R} = \frac{26}{Eh} \quad \text{et} \quad EI \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{26I}{h}.$$

La hauteur h de la poutre au milieu du panneau $A_1A_2B_1B_2$ étant mesurée entre les lignes des centres de gravité des deux tables, désignons comme tout à l'heure par v et v' les deux parties dans lesquelles cette hauteur est divisée par l'axe du tirant B_1A_2 , et par Ω, Ω' et Ω'' les surfaces des sections transversales de A_1A_2, B_1B_2 et B_1A_2 . On peut exprimer le moment de flexion dans la section médiane par rapport au point I par la relation

$$M_i = \Omega' \theta \sin \alpha (v + v') - \Omega'' \theta \sin 6v.$$

Or, comme dans une section verticale quelconque la somme des projections horizontales des forces élastiques est nulle, on a :

$$\Omega' \theta \sin 6 = \Omega \theta + \Omega'' \theta \sin \alpha,$$

donc :

$$M_i = \Omega' \theta \sin 6v' + \Omega \theta v,$$

et par suite :

$$\frac{2\theta I}{h} = \Omega' \theta \sin 6v' + \Omega \theta v,$$

d'où l'on tire :

$$(25) \quad I = (\Omega' \sin 6v' + \Omega v) \frac{h}{2}.$$

Lorsque la table supérieure est horizontale, v est égal à v' et à $\frac{h}{2}$ et l'on a :

$$(25 \text{ bis}) \quad I = (\Omega + \Omega') \frac{h^2}{4}.$$

Telle est la formule qu'on peut adopter pour l'évaluation des moments d'inertie dans l'application de l'équation (25) aux poutres continues dont les treillis à grandes mailles ne sont pas croisés en sens inverse.

En général, il convient de donner aux poutres continues une hauteur constante. Toutefois, pour des poutres reposant sur trois points d'appui et ayant de très-grandes per-

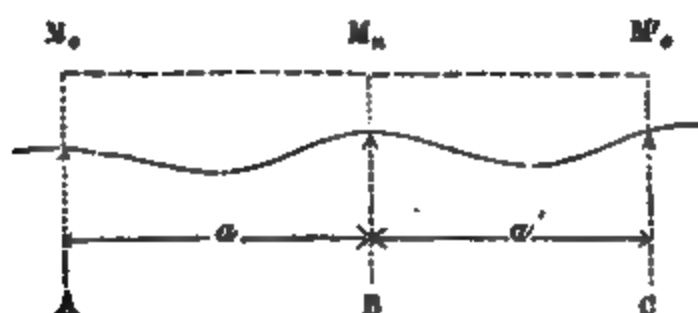
à augmenter la hauteur vers la

Lorsqu'une poutre s'étend à plusieurs travées, on détermine généralement les ouvertures de celles-ci de telle sorte que sous une charge uniformément répartie, comme les poids permanents sont toujours censés l'être, la poutre soit dans les mêmes conditions que si elle était encastree au droit des piles. Pour cela, il faut que les tangentes de la courbe des centres de gravité des sections ne changent pas de direction en ces points par l'effet de la flexion de la poutre.

M. de Mondésir a donné aux poutres ainsi disposées la dénomination de poutres équilibrées.

Considérons une de ces poutres en supposant tous ses appuis de niveau. Toutes les travées, autres que celles de rive, ont la même portée. Cherchons le rapport qui doit exister entre la longueur a d'une travée de rive et celle a' des travées intermédiaires.

Reprenons pour cela l'équation (20)



$$6E\varphi_n = \frac{B}{n^3} aM_n + \frac{G}{n^3} aM'_0 - \frac{H}{n^3} \frac{a^3}{4}.$$

La poutre étant comme encastree au point B et posée librement en A, on a : $\varphi_n = 0$ et $M_0 = 0$ et par suite :

$$BM_n = \frac{Ha^3}{4n^3}.$$

Dans la seconde travée BC la poutre est encastree à la

fois en B et en C, et pour y appliquer l'équation (21), il faut faire $\varphi'_n = 0, M'_n = M'_o = M_n$, ce qui donne :

$$(B' + G')M_n = \frac{Ha'^2}{4n'^2}.$$

En conséquence, on doit avoir :

$$(26) \quad \frac{B}{B' + G'} = \frac{n'^2}{n^2} \cdot \frac{Ha^2}{H'a'^2} \quad \text{ou bien :} \quad \frac{a^2}{a'^2} = \frac{n^2 B \cdot H'}{n'^2 (B' + G') H}.$$

Il est entendu que, dans cette équation, les poids p, p, p , sont censés égaux, et que la valeur de F qui entre dans la série H est égale à $n^2 p$.

Si le moment d'inertie était constant, on aurait, comme on l'a vu plus haut :

$$B = \frac{2n^3}{I}, \quad G = \frac{n^3}{I}, \quad B' = \frac{2n'^3}{I}, \quad G' = \frac{n'^3}{I}, \quad H = \frac{n^3 p}{I} \quad \text{et} \quad H' = \frac{n'^3 p}{I},$$

et par conséquent :

$$\frac{a^2}{a'^2} = \frac{2}{3} \quad \text{et} \quad a = a' \sqrt{\frac{2}{3}} = 0,8165 a'.$$

On sait en effet que pour une poutre encastrée à une seule de ses extrémités, et ayant un moment d'inertie constant, le moment de flexion au point d'encastrement est égal à $\frac{1}{8} pa^2$ et qu'il est égal à $\frac{1}{12} pa'^2$ pour une poutre encastrée à ses deux bouts. On retrouve donc ainsi le rapport :

$$\frac{a^2}{a'^2} = \frac{8}{12} = \frac{2}{3}.$$

APPLICATIONS.

Je vais maintenant rendre compte de quelques applications que j'ai faites des équations générales qui précèdent.

points d'appui sont de niveau et que dans toutes les travées le nombre des divisions de la poutre en éléments de longueur λ est le même, ce qui est permis puisque ce nombre est tout à fait arbitraire.

L'équation (23) se réduit alors à :

$$1 + (B\alpha + B'\alpha')M' + G'\alpha'M'' = \frac{H}{\pi^2} \frac{\alpha^2}{4} + \frac{H'}{\pi^2} \frac{\alpha'^2}{4}.$$

Admettons une poutre dont les travées ont été déterminées de telle sorte que, dans l'hypothèse de la constance du moment d'inertie et sous une charge uniformément répartie, la poutre soit comme encastree au-dessus des piles. Alors, le rapport entre la portée de chaque travée de rive et celle de toutes les travées intermédiaires est égal à

$\sqrt{\frac{2}{3}} = 0,8165$. La poutre a d'ailleurs la même hauteur dans toute son étendue.

Je désigne la portée d'une travée intermédiaire par a , et celle des travées de rive par αa .

Dans cette hypothèse de l'invariabilité du moment d'inertie, les moments de flexion seront donnés : pour la première travée (travée de rive), par l'équation :

$$(28) \quad M_x = -\frac{3}{8} (\alpha a) p x + \frac{1}{2} p x^2,$$

et pour la seconde travée (travée intermédiaire), par l'équation :

$$(29) \quad M_x = \frac{1}{12} a^2 p - \frac{1}{2} a p x + \frac{1}{2} p x^2.$$

J'ai divisé chaque travée en 20 éléments λ , et après avoir déterminé les moments de flexion aux divers points de séparation de ces éléments, d'après les deux équations qui précèdent, j'en ai déduit une répartition du nombre variable de tôles de même épaisseur qui doivent constituer les tables de la poutre. Ce ne sont pas des nombres absolus, mais des nombres proportionnels aux épaisseurs des

tables. J'ai fait varier ces nombres du simple au quintuple, selon l'intensité du moment de flexion, en adoptant le minimum de 2 pour les sections où le moment de flexion étant nul ou très-faible, l'épaisseur des tables doit être calculée d'après l'effort tranchant, et le maximum 10 pour les sections au-dessus des piles.

Les résultats de ces calculs préliminaires sont indiqués au tableau suivant. Les abscisses x des points de division de la poutre, à partir de l'origine de chaque travée, sont exprimées en vingtièmes de aa pour la première travée et en vingtièmes de a pour la seconde travée. Les colonnes des moments de flexion M_x donnent les nombres par lesquels il faut multiplier $\frac{a^2 a^3}{400}$ ou $\frac{a^3}{600}$ pour avoir ces moments dans la première travée, et par $\frac{a^3}{600}$ pour avoir ceux qui concernent la seconde travée. Enfin les nombres proportionnels aux épaisseurs des tables sont donnés dans les colonnes K.

TRAVÉE DE RIVE.			TRAVÉE INTERMÉDIAIRE.		
x	M_x	K_x	x	M_x	K_x
0	0	3	0	+ 50	10
1	— 7	3	1	+ 36	8
2	— 13	3	2	+ 23	5
3	— 18	4	3	+ 12	3
4	— 22	5	4	+ 2	2
5	— 25	5	5	— 6	2
6	— 27	6	6	— 13	3
7	— 28	6	7	— 18	4
8	— 28	6	8	— 22	4
9	— 27	6	9	— 24	5
10	— 25	5	10	— 25	5
11	— 22	4	11	— 24	5
12	— 18	4	12	— 22	4
13	— 13	3	13	— 18	4
14	— 7	2	14	— 13	3
15	0	2	15	— 6	2
16	+ 8	2	16	+ 2	2
17	+ 17	4	17	+ 12	3
18	+ 27	6	18	+ 23	5
19	+ 38	8	19	+ 36	8
20	+ 50	10	20	+ 50	10

Pour appliquer l'équation (23), j'ai d'abord formé le tableau général A en calculant les différents termes des séries qui composent les coefficients de cette équation, en supposant que le moment d'inertie est constant et $\frac{1}{I}$ égal à l'unité. Tous les poids étant égaux, la quantité F est égale à $n^2 p = 400 p$.

TABLEAU A.

A	B	C	D	E	2BF	6C+4D+E	G=3nA-B	H=2BF - (6C+4D+E)
1	2	0	0	3 p.	1.600 p.	3 p.	58	1.540 p.
3	14	3 p.	5 p.	7 p.	11.200 p.	45 p.	166	10.300 p.
5	38	20 p.	16 p.	11 p.	30.400 p.	195 p.	262	26.500 p.
7	74	63 p.	33 p.	15 p.	59.200 p.	525 p.	346	48.700 p.
9	122	144 p.	56 p.	19 p.	97.600 p.	1.107 p.	418	75.460 p.
11	182	275 p.	85 p.	23 p.	145.600 p.	2.013 p.	478	105.340 p.
13	254	468 p.	120 p.	27 p.	203.200 p.	3.315 p.	526	136.900 p.
15	338	735 p.	161 p.	31 p.	270.400 p.	5.085 p.	562	168.700 p.
17	434	1.088 p.	208 p.	35 p.	347.200 p.	7.395 p.	586	199.300 p.
19	542	1.529 p.	261 p.	39 p.	433.600 p.	10.317 p.	598	227.260 p.
21	662	2.100 p.	320 p.	43 p.	529.600 p.	13.923 p.	598	251.140 p.
23	794	2.783 p.	385 p.	47 p.	635.200 p.	18.285 p.	586	269.500 p.
25	938	3.600 p.	456 p.	51 p.	750.400 p.	23.475 p.	562	280.900 p.
27	1.094	4.563 p.	533 p.	55 p.	875.200 p.	29.565 p.	526	283.900 p.
29	1.262	5.684 p.	616 p.	59 p.	1.009.600 p.	36.627 p.	478	277.060 p.
31	1.442	6.975 p.	705 p.	63 p.	1.153.600 p.	44.733 p.	418	258.940 p.
33	1.634	8.448 p.	800 p.	67 p.	1.307.200 p.	53.955 p.	346	228.100 p.
35	1.838	10.115 p.	901 p.	71 p.	1.470.400 p.	64.365 p.	262	183.100 p.
37	2.054	11.988 p.	1.008 p.	75 p.	1.643.200 p.	76.035 p.	166	122.500 p.
39	2.282	14.079 p.	1.121 p.	79 p.	1.825.600 p.	89.037 p.	58	44.860 p.
40	16.000	72.670 p.	7.790 p.	820 p.	12.800.000 p.	480.000 p.	8.000	3.200.000 p.

Au moyen des nombres du tableau précédent, il est très-facile de déterminer les valeurs de B, G et H en ayant égard à la variation du moment d'inertie. On n'a qu'à multiplier chaque terme par un nombre proportionnel à la valeur correspondante de $\frac{1}{I}$. Comme approximation suffisante, on peut admettre que les moments d'inertie sont proportionnels aux nombres de tôles que comprennent les tables de la poutre. En prenant pour terme de comparaison

le moment d'inertie pour deux tôles, les valeurs à assigner, comme nombres proportionnels, à $\frac{1}{I}$ dans les différentes séries seront :

Pour	3 tôles.	$\frac{2}{3}$
	4 tôles.	$\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$
	5 tôles.	$\frac{2}{5}$
	6 tôles.	$\frac{2}{6} = \frac{1}{3}$
	7 tôles.	$\frac{2}{7}$
	8 tôles.	$\frac{2}{8} = \frac{1}{4}$
	9 tôles.	$\frac{2}{9}$
	10 tôles.	$\frac{2}{10} = \frac{1}{5}$

Il est possible que ces nombres s'écartent sensiblement d'une proportionnalité exacte avec la vraie valeur de $\frac{1}{I}$, et que les valeurs minima attribuées à I soient plus ou moins erronées, puisque les valeurs qui s'appliquent aux points où les moments de flexion sont nuls ou très-faibles doivent être déterminées indépendamment de ces moments. Néanmoins une appréciation plus étudiée des valeurs de $\frac{1}{I}$ ne changerait pas notablement les résultats finals.

TABLEAU B.

N ^{OS} des éléments de la poutre.	TRAVÉE DE RIVE.				TRAVÉE INTERMÉDIAIRE.			
	Nombres proportionnels $\frac{1}{\bar{I}}$	Valeurs en nombres entiers des termes successifs des séries.			Nombres proportionnels $\frac{1}{\bar{I}}$	Valeurs en nombres entiers des termes successifs des séries.		
		B	G	H		B	G	H
1	2/3	2	37	1.027 p.	1/5	1	12	308 p.
2	2/3	9	111	6.867 p.	1/4	3	42	2.575 p.
3	1/2	19	131	13.250 p.	2/5	15	105	10.600 p.
4	1/2	37	173	24.350 p.	2/3	49	231	32.467 p.
5	2/5	49	167	30.184 p.	1	122	418	75.460 p.
6	1/3	61	159	35.113 p.	1	182	478	105.340 p.
7	1/3	84	175	45.633 p.	2/3	169	351	91.267 p.
8	1/3	113	187	56.233 p.	1/2	169	281	84.350 p.
9	1/3	244	195	66.433 p.	1/2	217	293	99.650 p.
10	2/5	217	239	90.904 p.	2/5	217	239	90.904 p.
11	1/2	331	299	125.570 p.	2/5	265	239	100.456 p.
12	1/2	397	293	136.750 p.	1/2	397	293	134.750 p.
13	2/3	625	375	189.267 p.	1/2	469	281	140.450 p.
14	1	1.094	526	283.900 p.	2/3	730	351	189.267 p.
15	1	1.262	478	277.060 p.	1	1.262	478	277.060 p.
16	1	1.442	418	258.940 p.	1	1.442	418	258.940 p.
17	1/2	817	173	114.050 p.	2/3	1.090	231	92.067 p.
18	1/3	613	121	61.033 p.	2/3	1.838	105	73.240 p.
19	1/4	514	42	30.625 p.	1/4	2.054	42	30.625 p.
20	1/5	436	12	8.972 p.	1/5	2.282	12	8.972 p.
Totaux. . . .		8.281	4.311	1.854.561 p.	"	8.504	4.900	1.898.748 p.

Comme je l'ai dit, ce tableau n'est qu'approximatif, mais il suffit à l'objet de la présente note.

En ce qui concerne spécialement le système des poutres équilibrées, on peut, après quelques applications pareilles à celles dont je vais rendre compte, déterminer exactement les rapports entre les moments d'inertie et établir une fois pour toutes le tableau B, sauf à indiquer les corrections à faire pour les éléments de la poutre où les sections verticales dépendent des efforts tranchants, corrections variables avec la portée des travées. De cette manière on arrêterait immédiatement les coefficients des équations (30) et (31) posées plus loin, sans qu'il soit nécessaire de calculer préalablement les moments de flexion dans l'hypothèse de la constance du moment d'inertie.

Par la substitution des valeurs de B, G et H que don-

nent les totaux du tableau précédent, l'équation (27) (n^2 étant égal à 400) devient :

1° Pour une travée de rive et la travée contiguë,

$$4311 \cdot aM + (8286a + 8504a')M' + 4900a'M'' = \\ 4638 \cdot \frac{a^3}{4} p + 4747 \frac{a'^3}{4} p;$$

2° Pour deux travées intermédiaires contiguës,

$$4900 \cdot aM + 8504(a + a')M' + 4900a'M'' = \\ 4747 \left(\frac{a^3}{4} + \frac{a'^3}{4} \right) p.$$

En divisant ces deux équations par 4900, en remplaçant dans la première a par aa' , et en faisant attention que dans la seconde $a = a'$, puisque toutes les travées intermédiaires ont la même ouverture, on a en définitive (en ôtant l'accent devenu inutile sur a') :

1° Pour une travée de rive et la travée contiguë,

$$(30) \quad \left\{ \begin{array}{l} 0,880 \cdot aM + (1,691 \cdot a + 1,735)M' + M'' = \\ (0,947 \cdot a^3 + 0,969) \frac{a^3}{4} \cdot p; \end{array} \right.$$

2° Pour deux travées intermédiaires contiguës,

$$(31) \quad M + 3,471M' + M'' = 1,938 \cdot \frac{a^3}{4} \cdot p.$$

Ces équations permettent de déterminer facilement les moments de flexion sur les appuis, quel que soit le nombre des travées, et par suite les moments de flexion pour toutes les sections verticales de la poutre.

Dans l'équation (30), le premier terme est nul puisque M représente le moment de flexion au droit de la culée où la poutre est censée reposer librement.

Je prendrai successivement pour exemples des ponts composés de deux, de trois et de cinq travées.

NTM

lexi

u li

us. -

inte

de

$$2 \frac{a^2}{4}$$

.p,

p.

Dans l'hypothèse où le moment d'ine
k :

$$M'_1 = \frac{1}{8} a^2 p = 0,50 \frac{a^2}{4} . p.$$

art entre ces deux valeurs est repré
:

$$\frac{M_1}{M'_1} = \frac{0,5505}{0,50} = 1,061.$$

fort tranchant contre les culées est d
:

$$T_0 = \frac{1}{2} ap - \frac{M_1}{a} = 0,3674 . a$$

Lorsque le moment d'inertie est constant,

$$T_0 = \frac{3}{8} a . p = 0,375 . a . p$$

Annales des P. et Ch. MÉMOIRES. — TOME XI.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

quation qui donne les moments de flexion à une distance x de l'origine de la culée, dans chaque travée, est :

$$I_x = -T_0 x + \frac{1}{2} p x^2 = - \left(0,5674 a \cdot x - \frac{1}{2} x^2 \right) \cdot p.$$

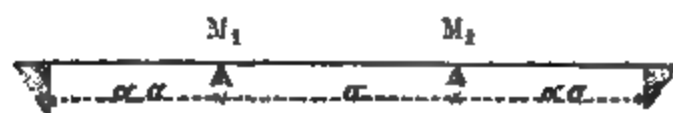
Si l'hypothèse de I constant, on a :

$$M'_x = - \left(0,375 a \cdot x - \frac{1}{2} x^2 \right) p.$$

l'abscisse du point d'inflexion de la fibre neutre est égale à $0,5a$, tandis que pour I constant, elle est égale à $0,75a$. L'effet de la variation du moment d'inertie est de diminuer la réaction des culées, de rapprocher de ces culées les points d'inflexion de la fibre neutre et d'augmenter les moments de flexion sur la pile. Tout cela était évidemment prévu à l'avance, puisque la roideur relative de la pile est augmentée au-dessus de la pile.

Les principaux moments de flexion, suivant que le moment d'inertie est variable ou constant, sont indiqués ci-après :

x	M_x	M'_x	$\frac{M_x}{M'_x}$
$0,674 a$	$- 0,0675 a^2 p$ (maximum)	$- 0,0694 a^2 p$	0,97
$0,75 a$	$- 0,0674 a^2 p$	$- 0,0703 a^2 p$ (maximum)	0,96
$0,845 a$	0	$- 0,0055 a^2 p$	"
$1 a$	$+ 0,0056 a^2 p$	0	"
$1,1 a$	$+ 0,1326 a^2 p$	$+ 0,1230 a^2 p$	1,08



la pile est composée de trois travées. — En appliquant l'équation (30) aux deux premières travées (le premier terme nul), on a :

$$0,691 a + 1,735 M_1 + M_2 = (0,947 a^2 + 0,969) \frac{a^2}{4}.$$

ion symétrique de la poutre de la travée centrale, M_1 , est égal à α par 0,8165 et α^3 par 0,5443, on a :

$$M_1 = (0,515 + 0,969) \frac{\alpha^3}{4},$$

$$= 1,484 \cdot \frac{\alpha^3}{4} \cdot p,$$

$$0,3605 \cdot \frac{\alpha^3}{4} \cdot p.$$

Se αa de la première travée, la

$$0,5408 \cdot \frac{(\alpha a)^3}{4} \cdot p.$$

Si le moment d'inertie était invariable, on aurait :

$$M'_1 = \frac{1}{3} \frac{\alpha^3}{4} \cdot p, \quad \text{ou bien} \quad M'_1 = \frac{1}{2} \frac{(\alpha a)^3}{4} \cdot p.$$

L'écart entre M_1 et M'_1 est :

$$\frac{M_1}{M'_1} = 1,0816.$$

L'effort tranchant contre la culée est 0,3648 $(\alpha a) \cdot p$ au lieu de 0,375 $(\alpha a) p$ avec I constant.

Le point d'inflexion dans chacune des travées de rive est à la distance 0,7796 (αa) de la culée, au lieu de 0,75 (αa) avec I constant.

Dans la travée centrale, les points d'inflexion sont situés à 0,36 α des piles, au lieu de 0,2113 α avec I constant.

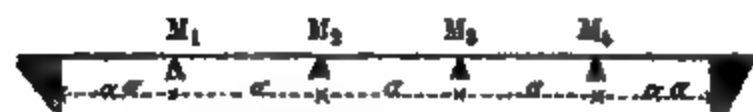
Les équations qui donnent les moments de flexion dans les diverses sections verticales de la poutre sont :

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

$$\begin{aligned}
 &\left. \begin{array}{l} \text{r les} \\ \text{ées} \\ \text{ive} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{avec I variable, } M_x = - \left[0,3648(aa)x - \frac{1}{2} x^2 \right] p, \\ \text{avec I constant, } M'_x = - \left[0,375(aa)x - \frac{1}{2} x^2 \right] p. \end{array} \\
 &\left. \begin{array}{l} \text{la} \\ \text{ée} \\ \text{rale} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{avec I variable, } M_x = \left(0,3605 \frac{a^2}{4} - \frac{1}{2} ax + \frac{1}{2} x^2 \right) p, \\ \text{avec I constant, } M'_x = \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{a^2}{4} - \frac{1}{2} ax + \frac{1}{2} x^2 \right) p. \end{array}
 \end{aligned}$$

es valeurs relatives des principaux moments de flexion indiquées au tableau suivant :

	x	M_x	M'_x	$\frac{M_x}{M'_x}$
ée de rive. . .	0,3648 aa	$-0,0676 (aa)^2 p$ (maximum)	$-0,07026 (aa)^2 p$	0,902
	0,375 aa	$-0,06656 (aa)^2 p$	$-0,0703 (aa)^2 p$ (maximum)	0,947
	0,7296 aa	0	$-0,0073 (aa)^2 p$	"
	0,75 aa	$+0,0073 (aa)^2 p$	0	"
	aa	$+0,1352 (aa)^2 p$	$+0,125 (aa)^2 p$	1,082
le centrale. . .	0	$+0,0001 a^2 p$	$+0,0033 a^2 p$	1,002
	0,2113 a	$+0,0068 a^2 p$	0	"
	0,236 a	0	$-0,0068 a^2 p$	"
	0,50 a	$-0,0349 a^2 p$ (maximum)	$-0,0417 a^2 p$ (maximum)	0,837
	0,764 a	0	$-0,0068 a^2 p$	"
	0,789 a	$+0,0068 a^2 p$	0	"
	a	$+0,0001 a^2 p$	$+0,0033 a^2 p$	1,002



nt composé de cinq travées. — En appliquant l'équa-
(30) aux deux premières travées et l'équation (31) à
onde et à la troisième, on a :

$$691 . a + 1,735)M_1 + M_2 = (0,947 . a^2 + 0,969) \frac{a^2}{4} . p,$$

$$M_1 + 3,470M_2 + M_3 = 1,938 . \frac{a^2}{4} . p.$$

5, et en faisant $M_1 = M_2$, à
iques de la poutre, il vient :

$$= 1,484 \cdot \frac{a^2}{4} p,$$

$$= 1,938 \frac{a^2}{4} \cdot p,$$

$$= 0,5448 \frac{(aa)^2}{4} \cdot p,$$

$$23 \frac{a^2}{4} \cdot p.$$

rive, l'effort tranchant est :

$$\frac{1}{2} = 0,3638 (aa)p.$$

ravée, l'effort tranchant est :

$$\underline{M_2} = 0,5027ap.$$

Enfin à chacune des extrémités de la travée centrale,
l'effort tranchant est égal à $\frac{1}{2} ap$.

Les équations qui donnent les moments de flexion dans
les diverses sections de la poutre sont :

Pour les travées de rive avec I variable, $M_x = - \left[0,3638(aa)x - \frac{1}{2} x^2 \right] p,$

avec I constant, $M'_x = - \left[0,375 \cdot (aa)x - \frac{1}{2} x^2 \right] p.$

Pour la travée 1^{re} et la 4^{re} avec I variable, $M_x = \left(0,3632 \frac{a^2}{4} - 0,5027ax + \frac{1}{2} x^2 \right) p$

avec I constant, $M'_x = \left(\frac{1}{3} \frac{a^2}{4} - \frac{1}{2} ax + \frac{1}{2} x^2 \right) p.$

Pour la 3^e travée avec I variable, $M_x = \left(0,3523 \frac{a^2}{4} - \frac{1}{2} ax + \frac{1}{2} x^2 \right) p,$

avec I constant, $M'_x = \left(\frac{1}{3} \frac{a^2}{4} - \frac{1}{2} ax + \frac{1}{2} x^2 \right) p.$

Le tableau suivant donne les valeurs de M_x et de M'_x pour les principales sections de la poutre :

	x	M_x	M'_x	$\frac{M_x}{M'_x}$
Travée de rive. . .	0,3638 (αa)	$-0,06625 (\alpha a)^2 p$ (maximum)	$-0,07025 (\alpha a)^2 p$	0,943
	0,375 (αa)	$-0,06617 (\alpha a)^2 p$	$-0,07030 (\alpha a)^2 p$ (maximum)	0,941
	0,7276 (αa)	0	$+0,00801 (\alpha a)^2 p$	"
	0,75 (αa)	$+0,00825 (\alpha a)^2 p$	0	"
	(αa)	$+0,1362 (\alpha a)^2 p$	$-0,1250 (\alpha a)^2 p$	1,090
Deuxième travée. .	0	$+0,0908 a^2 p$	$+0,0833 a^2 p$	1,090
	0,2113 a	$+0,0069 a^2 p$	0	"
	0,2360 a	0	$-0,00682 a^2 p$	"
	0,50 a	$-0,0355 a^2 p$	$-0,04170 a^2 p$ (maximum)	0,853
	0,5027 a	$-0,0356 a^2 p$ (maximum)	$-0,04167 a^2 p$	0,853
	0,770 a	0	$-0,00525 a^2 p$	"
	0,7887 a	$+0,0053 a^2 p$	0	"
	a	$+0,881 a^2 p$	$-0,0883 a^2 p$	1,057
Troisième travée. .	0	$+0,0881 a^2 p$	$+0,0833 a^2 p$	1,057
	0,2113 a	$+0,00477 a^2 p$	0	"
	0,228 a	0	$-0,00467 a^2 p$	"
	0,50 a	$-0,03693 a^2 p$ (maximum)	$-0,04167 a^2 p$ (maximum)	0,886
	0,772 a	0	$-0,00467 a^2 p$	"
	0,7887 a	$+0,00466 a^2 p$	0	"
	a	$+0,0881 a^2 p$	$+0,0883 a^2 p$	1,057

J'ai supposé, dans les applications qui précèdent, que les ouvertures des travées de rive et des travées intermédiaires étaient réglées de manière à constituer une poutre équilibrée dans l'hypothèse de l'invariabilité du moment d'inertie. J'ai ainsi admis, pour le rapport entre ces ouver-

$$\text{tures, } a = \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0,8165.$$

e ce rapport, lorsque le mo-
suivant les nombres propor-
e d'approximation, dans mes
uation (26) en donnant à B,
quées au tableau (B). Comme
on donne :

$$\frac{281 \times 1.898.748}{404 \times 1.854.561} = 0,6325,$$

.7953.

nt de 0,0037 du rapport 0,80
par les constructeurs, et par
maintenir ce dernier de préfè-
on obtient en supposant le
e rapport exact devra d'ail-
valeurs relatives des moments
: déterminées que celles que
tion.

La correction du rapport α ne changerait que d'une
manière insignifiante les valeurs comparatives des mo-
ments de flexion calculés pour $\alpha = 0,8165$. J'ai en effet
fait le calcul de ces moments pour $\alpha = 0,80$, et j'ai obtenu
les résultats indiqués au tableau suivant :

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

	x	M_x	M'_x	$\frac{M_x}{M'_x}$
Pont à trois travées.				
de rive. . .	0,3611 (αa)	$- 0,0673 (\alpha a)^2 p$ (maximum)	$- 0,0690 (\alpha a)^2 p$	0,976
	0,3715 (αa)	$- 0,0652 (\alpha a)^2 p$	$- 0,0683 (\alpha a)^2 p$ (maximum)	0,941
	(αa)	$+ 0,1389 (\alpha a)^2 p$	$+ 0,1283 (\alpha a)^2 p$	1,081
le centrale. . .	0	$+ 0,0889 a^2 p$	$+ 0,0822 a^2 p$	1,081
	0,50	$- 0,0361 a^2 p$ (maximum)	$- 0,0428 a^2 p$ (maximum)	0,843
	a	$+ 0,0889 a^2 p$	$+ 0,0822 a^2 p$	1,081
Pont à cinq travées.				
de rive. . .	0,3606 (αa)	$- 0,0651 (\alpha a)^2 p$ (maximum)	$- 0,0692 (\alpha a)^2 p$	0,941
	0,3722 (αa)	$- 0,0650 (\alpha a)^2 p$	$- 0,0693 (\alpha a)^2 p$ (maximum)	0,938
	(αa)	$+ 0,1392 (\alpha a)^2 p$	$+ 0,1278 (\alpha a)^2 p$	1,089
ième travée. . .	0	$+ 0,0891 a^2 p$	$+ 0,0818 a^2 p$	1,089
	0,4981 a	$- 0,0362 a^2 p$	$- 0,0423 a^2 p$ (maximum)	0,858
	0,5007 a	$- 0,0363 a^2 p$ (maximum)	$- 0,0422 a^2 p$	0,858
	a	$+ 0,0884 a^2 p$	$+ 0,0836 a^2 p$	1,057
le centrale. . .	0	$+ 0,0884 a^2 p$	$+ 0,0836 a^2 p$	1,057
	0,50 a	$- 0,0366 a^2 p$	$- 0,0414 a^2 p$	0,884
	a	$+ 0,0884 a^2 p$	$+ 0,0836 a^2 p$	1,057

CONCLUSION.

Des recherches dont je viens de rendre compte, je crois pouvoir conclure :

Que, dans les calculs de stabilité des poutres continues, l'hypothèse de l'invariabilité du moment d'inertie conduit à des erreurs sensibles dans l'évaluation des moments de flexion, en donnant aux moments positifs des

ix moments négatifs des valeurs

les poutres dites *équilibrées*, l'er-
n 9 p. 100, pour les plus forts
on 14 p. 100 pour les plus forts
es travées attenantes aux travées
dans les autres travées intermé-

à l'aide du tableau général A, de
les moments de flexion, dans
ontinue, en ayant égard à la va-
rtie, et par suite de faire une
néral dans les différentes sections

N° 10**NOTES RECUEILLIES****DANS UNE MISSION EN ANGLETERRE (1874)****Par MM. POULER et LUNEAU, élèves-ingénieurs des ponts et chaussées.**

ANALYSE ET EXTRAITS**Par M. GARIEL, ingénieur des ponts et chaussées.**

SUITE (*).

VI. — Chemins de fer. — Appareils de manœuvre des aiguilles et des signaux à la station de Cannon Street (Londres).

Les appareils destinés à protéger la marche des trains sur les voies de chemin de fer doivent être étudiés à deux points de vue différents suivant qu'ils se rattachent ou non à la manœuvre des aiguilles. Les disques, sémaphores et tous autres engins destinés à empêcher la collision de deux trains à un embranchement sont particulièrement intéressants dans les gares importantes où les voies se réunissent et se séparent de manières très-diverses et présentent une complication extrême : c'est cependant dans ces gares que les mouvements sont les plus fréquents et les plus nombreux et qu'il semble le moins facile d'éviter les rencontres de machines ou de trains. Les difficultés qui se présentent dans ces circonstances ont été résolues en Angleterre par la combinaison de deux idées distinctes :
1° un système d'enclanchement spécial des leviers de ma-

(*) Voir le cahier de janvier, p. 31.

elles ; 2° la concentration
eviers qui actionnent les
e tout entière.

et de Cannon Street, à
ples remarquables de ces
l'autre placées à la tête
les réunissent au réseau
pour la première, 9 pour
t doivent être réduites
ont à un nombre environ
Cross et 5 pour Cannon
ta dans ces deux gares et
nt répondre aux besoins

e traiter la question com-
re comprendre les appa-
Angleterre, il est néces-
les conditions auxquelles

embranchement se deta-
oient α et β les voies de
les de l'embranchement.
t que (Pl. 4, fig. 10) :
assuré par un signal de
nt par α qui devra être

our continuer sur la ligne

principale α sont assuré : 1° de ne pas être coupé par un
train arrivant sur α , qui devra être arrêté à distance par
un signal, et 2° que l'aiguille β est faite ;
c Un train arrivant sur β soit averti que la voie est libre,
est-à-dire que les trains se mouvant sur I ou sur II sont
arrêtés à distance par des signaux convenables ;

(*) Voir *Annales*, tome VII, 1874, 1^{re} sem., Pl. 2.

d Un train se mouvant sur II, pour continuer sur l'embranchement 4 soit averti que l'aiguille β est faite.

Non-seulement les indications sont complexes, mais on le voit, elles sont diverses suivant les cas. Pour éviter les erreurs, fausses manœuvres des employés chargés de la manœuvre des aiguilles et des disques couvrant les aiguilles à distance, on a cherché des combinaisons mécaniques qui assurassent que l'indication fournie à distance par un disque ne pût pas être donnée sans que, auparavant, toutes les manœuvres destinées à assurer la sécurité du mouvement fussent effectuées.

Des combinaisons diverses ont été proposées dans ce but parmi lesquelles nous signalerons seulement le système Viguiier qui a été décrit dans divers ouvrages spéciaux et qui fonctionne depuis longtemps sur plusieurs lignes françaises; dans ce système chaque levier de manœuvre est susceptible d'être enclanché par le mouvement d'autres leviers ou d'enclancher d'autres leviers. Ces enclanchements sont combinés de telles sorte que le déplacement d'un levier n'est possible qu'autant que l'on a préalablement manœuvré tous les leviers dont le mouvement a pour effet d'assurer le passage libre du train au point considéré.

Les systèmes employés en Angleterre ont un effet général analogue, le mode d'enclanchement diffère seul. Nous décrirons les types principaux qui ont été vus par M. Poulet et Luneau dans les gares de Londres.

Premier système Saxby et Farmer. — Dans ce système comme dans tous les autres, un levier quelconque peut être enclanché et enclancheur : ce double effet se produit par l'intermédiaire de pièces mobiles reliées entre elles de la manière suivante (fig. 1 et 2) :

Soit L un levier mobile autour du point o et soit l la branche à laquelle est fixée la tige ou la chaîne qui commande la manœuvre : à quelque hauteur au-dessus de o

Levier est articulé à une bielle à fourche d dont l'autre extrémité commande une manivelle m qui fait tourner un arbre à axe vertical fixe g . A une hauteur variable suivant les cas, cet arbre porte une nouvelle manivelle b formant avec m un levier coudé; cette manivelle entraîne, d'une manière continue ou temporairement, l'extrémité d'une tige c mobile autour du point f et dont l'extrémité opposée e forme d'une fourche embrasse un goujon fixé sur une tige horizontale A mobile entre des glissières qui ne permettent qu'un mouvement longitudinal. Il est facile de voir que le mouvement du levier L l'amenant à la position L' amènera le système dans la position m' , b' , c' et l'extrémité e passant en e' aura déplacé toute la tige A d'une longueur égale à ee' . Comme nous allons le dire, c'est le mouvement de cette tige et d'autres analogues qui produit l'enclanchement.

D'autres pièces sont reliées à la tige A ; ce sont des plaques de tôle découpées auxquelles, suivant l'usage adopté, nous conservons le nom anglais de *lock* : elles sont mobiles autour d'un axe vertical h et par leur autre extrémité elles reposent sur la tige A à laquelle elles sont reliées par l'intermédiaire d'une fourche et d'un goujon k : ces *locks* portent latéralement des entailles, sur un bord ou sur l'autre, ou sur les deux : les saillies qui en résultent se trouvent en face des leviers de manœuvre, elles arrêtent ou permettent son mouvement suivant qu'elles ont été entraînées dans un sens ou dans l'autre par la tige A , tige dont le mouvement sera déterminé par l'action d'un levier enclanché. On voit que, dans la position de la figure, les leviers L_1 , L_2 et L_3 sont mobiles et peuvent être amenés en L'_1 , L'_2 et L'_3 , tandis que L_4 est fixé, enclanché. Mais si l'on vient à faire mouvoir la tige A dans le sens de la flèche, les leviers L_1 et L_2 seront arrêtés, le levier L_3 sera rendu libre et pourra être amené en L'_3 , tandis que le dernier levier préalablement amené en L'_4 y sera maintenu invariablement.

On conçoit que, en ayant, placées les unes au-dessus des autres, au plus autant de barres A qu'il y a de leviers enclancheurs et sur chacune d'elles au plus autant de locks qu'il doit y avoir de leviers enclanchés, il soit possible de satisfaire à toutes les liaisons propres à amener l'impossibilité de faire deux manœuvres contradictoires.

Toutes ces pièces sont situées au-dessous du plancher, que les leviers dépassent seuls.

La forme des diverses pièces, le mode de liaison, de communication de mouvement ont été variés notablement par MM. Saxby et Farmer ; l'enclanchement dans certains cas (fig. 3) est produit, non par les locks, mais par des tiges cylindriques a_1, a_2 , liées aux leviers et passant dans des ouvertures pratiquées dans la tige A placée de champ, lorsque la manœuvre peut se faire, et venant buter contre cette tige sur une partie pleine, lorsque le mouvement ne peut s'effectuer. Les leviers de manœuvre ont été munis d'un encliquetage analogue à celui qui existe dans le levier de la coulisse de Stephenson dans les locomotives et qui arrête le levier, lorsqu'il est poussé à fond dans un sens ou dans l'autre ; mais, en somme, l'idée générale est la même, et nous ne pensons pas devoir entrer dans ces détails. Ces diverses modifications, et d'autres encore que nous passons sous silence, ont été employées par MM. Saxby et Farmer suivant les circonstances locales qu'ils rencontraient.

C'est à ce système modifié et amélioré, croyons-nous, dans quelques points de détails qu'il faut rattacher les dispositions adoptées par la compagnie Paris-Lyon-Méditerranée et appliquées en divers points, notamment à l'embranchement de Villeneuve-Saint-Georges.

Deuxième système Saxby et Farmer (1871) — Dans un brevet pris en 1871, MM. Saxby et Farmer modifièrent assez notablement les organes d'enclanchement : voici du reste la description abrégée de leurs appareils (fig. 4, 5, 6, 7, 8 et 9).

La tige du levier L (*fig. 9*) est articulée en o sur une flasque en fonte, et l est la partie qui est reliée à la chaîne ou à la tige de communication du mouvement. Le levier porte une pièce p que l'on peut déplacer à l'aide d'un encliquetage à ressort q ; cette pièce glisse dans une rainure uv , aux deux extrémités de laquelle elle peut se fixer, en décrivant un arc de cercle dont le centre est en o ; la rainure fait partie d'un arc mobile autour d'un axe horizontal x , excentré, par conséquent, par rapport au levier, de telle sorte que lorsque le levier est mû d'une extrémité à l'autre de la rainure, il fait basculer cet arc tantôt d'un côté, tantôt de l'autre. A l'une des extrémités, cet arc se prolonge par une partie plus ou moins courbe vs qui s'articule avec une tige verticale t mobile dans des glissières convenablement disposées. C'est par l'intermédiaire de cette tige que le levier peut devenir tantôt organe enclancheur et tantôt enclanché.

Lorsque le levier doit agir comme enclancheur (*fig. 4, 5 et 9*), la tige t porte sur la face postérieure une pièce en saillie y inclinée sur la verticale et passant dans une encoche faite dans une barre horizontale A , qui doit, d'autre part, produire l'enclanchement de leviers voisins. On voit à l'inspection de la figure que la barre A sera poussée vers la droite ou vers la gauche, suivant que la tige t descendra ou montera, ce qui correspond à un mouvement du levier L dans un sens ou dans l'autre.

Lorsque le levier doit être enclanché (*fig. 6, 7 et 8*), il porte sur sa face postérieure une pièce verticale en saillie z ; la barre A passe au-dessus de cette saillie, elle présente une encoche qui permet à la saillie de passer, lorsqu'elle est directement au-dessus de la saillie, tandis que la barre A s'oppose au déplacement de cette pièce z , si l'encoche est, par suite du mouvement de A , reportée, soit vers la droite, soit vers la gauche.

Dans l'appareil complet, il y a à diverses hauteurs plu-

sieurs barres analogues à A qui sont mues par des leviers différents, et règlent le mouvement des autres, de telle sorte qu'un levier qui est enclancheur, par rapport à l'une de ces barres, est enclanché par les autres. Sans entrer dans la description complète du système correspondant à un embranchement, il est facile de voir que, comme pour le modèle précédent, cette disposition permet de relier le mouvement des leviers qui actionnent les aiguilles et les signaux de manière à empêcher toute collision accidentelle.

Système F. Brady.—M. Brady, directeur de l'exploitation du South Eastern Railway, a imaginé en 1867 un appareil destiné à assurer la sécurité des trains aux passages des aiguilles et aux croisements de voies. Il s'agit encore d'un système d'enclanchement des leviers de manœuvre des disques et des aiguilles, système qui s'oppose au mouvement d'une aiguille, tant que l'on n'a pas fait mouvoir les disques ou signaux quelconques qui couvrent le passage. Nous étudierons ce système comme les précédents en indiquant d'abord comment un levier agit comme enclancheur puis comment il peut être enclanché.

Soit L (fig. 11, 12, 13), un levier de manœuvre, o l'axe de rotation et / la partie qui commande directement la manœuvre : à ce levier est articulée une bielle B qui, d'autre part, est reliée à une manivelle C calée sur un arbre D s'étendant de l'un des côtés du levier sur une longueur variable ; sur cet arbre et à des distances égales sont fixées des cames E, dont la direction générale est horizontale ou verticale suivant la position du levier ; toutes les cames montées sur un même arbre sont parallèles à un même instant. Ce sont ces cames qui sont les organes d'enclanchement. Le même levier L peut commander par une bielle B' fixée au-dessous de l'axe de rotation, un arbre D' situé sur le prolongement du précédent D et portant également des cames. Il existe ainsi plusieurs arbres paral-

lèles $D, D', D, D',$ etc., mus par des leviers placés à côté les uns des autres, et à la même distance que celle qui sur un même arbre sépare les cames. Étudions maintenant un des leviers qui doivent être enclanchés (*fig. 14 et 15*) : ce levier mobile autour de l'axe o porte une tige horizontale G articulée en I : cette tige porte à des distances égales des bielles H_1, H_2 qui d'autre part sont mobiles autour des points K_1, K_2 . Ces bielles sont en face de chacune des cames E , dont nous avons parlé précédemment : ~~il suffit~~ que l'une de ces cames, E_1 par exemple (*fig. 14*), soit relevée pour que la tige G ne puisse se mouvoir et que le levier L soit invariablement maintenu dans l'une de ces positions extrêmes ; mais (*fig. 15*), si toutes les cames sont abaissées, le levier peut se déplacer et atteindre la limite de sa course. Le mouvement de ce levier dépend donc de la position des cames et, par suite, de la position du levier enclancheur, ce qui permet toutes les combinaisons possibles.

Comme pour le système Saxby et Farmer, on conçoit facilement dès lors qu'il soit possible d'établir entre les divers leviers des liaisons telles que chacun d'eux ne puisse être mis en action que lorsque tous les signaux propres à garantir la manœuvre ont été faits.

Les systèmes que nous venons de décrire sont employés en Angleterre sur une grande échelle ; le dernier serait appliqué à la gare de Cannon Street. Ce n'est pas seulement d'ailleurs par l'emploi de ces systèmes que la manœuvre des aiguilles d'embranchement et de changement de voie en Angleterre se distingue de ce qui se fait en France ; c'est aussi par la concentration dans un *signal-box* de tous les leviers qui correspondent aux diverses aiguilles d'un embranchement ou même d'une gare. Le bâtiment (*signal-box*) où sont réunis tous les leviers est quelquefois placé latéralement à la voie, mais souvent il est placé au-dessus sur une passerelle spéciale élevée à cet effet. C'est de cet

observatoire unique que les manœuvres sont toutes assurées par un très-petit nombre d'employés. A la gare de Cannon Street, plus de 600 trains arrivent chaque jour : les mouvements sont réglés sur les 9 voies de la gare par 40 aiguilles : deux sémaphores sont placés aux entrées du pont ; le signal-box a 12^m,60 sur 2,70 ; il est surmonté de 4 mâts portant 24 bras de sémaphore. Il y a 67 leviers de manœuvre, dont 37 actionnent les signaux et 30 les aiguilles ; il n'y a pas moins d'un millier de locks pour satisfaire aux mouvements et aux combinaisons de toutes ces manœuvres.

On pourra se faire une idée de l'avantage provenant de l'emploi du système de concentration des leviers de manœuvre et de l'application de l'enclanchement, par ce fait que dans un seul jour 775 trains ont passé sous le *signal-box* ; 35 trains ont pu être signalés et aiguillés en 35 minutes. Un appareil télégraphique met d'ailleurs la station de manœuvre en rapport avec les stations voisines. Deux hommes suffisent à diriger ce mouvement considérable de trains : il y a en outre un employé pour le télégraphe ; la durée du travail est de huit heures par jour.

VII. — Appareils de sûreté pour les aiguilles.

Il peut arriver, par suite de diverses circonstances, que les aiguilles qui commandent les embranchements ou les changements de voies sur les chemins de fer ne prennent pas ou tout au moins ne gardent pas la position qu'elles devraient régulièrement occuper pour assurer l'exactitude de la manœuvre. Il suffit du desserrement d'un boulon, d'un relâchement des assemblages pour que le boudin des roues puisse accrocher l'aiguille, passer entre elle et le rail ; les mêmes conditions peuvent permettre à l'aiguille

être mal faite bien que le signal correspondant soit correct, et l'on conçoit sans peine les inconvénients qui peuvent résulter de ce fait. D'autre part, il peut arriver que pendant que le train passe l'aiguille soit changée par inadvertance, ce qui amène forcément un déraillement plus ou moins grave.

MM. Poulet et Luneau ont eu l'occasion de voir un appareil destiné à parer à ces inconvénients et qui est en usage à Londres aux gares de Cannon Street, de Charing-Cross et de Ludgate Hill. Cet appareil, dont l'invention est toute récente, est construit par MM. Saxby et Farmer : il a pour but de rendre absolument impossible tout déplacement de l'aiguille pendant le passage d'un train, en même temps que ce passage assure la fixité de la position de cette aiguille et celle du disque ou signal qui fait connaître cette position.

Nous allons indiquer le principe de l'appareil dont nous venons de parler :

Soient *cd*, *ef* les aiguilles reliées l'une à l'autre par la tige de fer *pp'* et mues par les leviers coudés *ghiklm* qui actionnent en même temps à distance le signal qui fait connaître la situation de l'aiguille (Pl. 4, fig. 16). Le long de l'un des rails et à l'extérieur, par exemple, règne une barre de fer plat *qq'* (fig. 16 et 22) : cette barre est mobile et peut se déplacer parallèlement à elle-même, parce qu'elle est portée par des manivelles *rr'*, *r₁r'₁*, *r₁r'₁*, dont les têtes inférieures passent dans des coussinets spéciaux fixés à la partie inférieure du rail (fig. 22 et 23). Suivant que ces manivelles sont inclinées dans un sens ou dans l'autre par rapport à la verticale, elles correspondent à une position distincte de l'aiguille, voie ouverte ou voie fermée. La barre *qq'* a une longueur plus grande que celle qui sépare deux roues consécutives dans un train, de telle sorte qu'avant qu'un wagon soit arrivé à l'aiguille, et pendant tout le temps du passage du train, une roue au moins

se trouve au-dessus de la barre qq' ; les roues forcent donc alors la barre qq' à rester à un niveau inférieur à celui du sommet du champignon du rail et s'opposent absolument à tout mouvement de cette barre dont la position est ainsi fixée pendant toute la durée du passage du train considéré. Or, l'une des manivelles dont nous avons parlé pp' est calée à sa partie inférieure sur un arbre ll' qui, d'une part, commande le levier de transmission klm et, d'autre part, porte deux autres manivelles uu' , vv' . Par l'intermédiaire de l'arbre ll' et du levier klm , la fixité de la barre qq' pendant le passage du train s'oppose à tout dérangement dans le signal et à toute manœuvre intempestive du levier qui commande l'aiguille. Les deux manivelles uu et vv' (fig. 16, 20 et 21), qui sont dirigées en sens inverse, sont reliées par des tiges de fer à deux coins métalliques x et y qui par la rotation de l'arbre ll' entraînant les manivelles uu' et vv' sont poussés tantôt en avant et tantôt en arrière. Ces coins maintiennent en contact invariable avec le rail correspondant l'aiguille ef ou l'aiguille cd . Dans le cas représenté par les figures le coin y est avancé vers la droite et maintient l'aiguille cd en contact intime avec le rail a' , b' et ce contact sera assuré tant que la barre qq' ne pourra dépasser le sommet du champignon de ab , c'est-à-dire tant qu'un train passera. Mais, la voie étant libre, si l'on agit sur le levier mlk , les manivelles tourneront autour des points $r'r'$, \dots , r' , et prendront des positions symétriques à celles qu'elles occupent; il en sera de même des manivelles ss' , uu' et vv' ; ces dernières entraînent : l'une le coin y vers la gauche, ce qui rendra libre l'aiguille cd et lui permettra de s'écarter de $a'b'$; l'autre, le coin x vers la droite, ce qui fixera invariablement l'aiguille ef contre le rail ab . Mais une fois ce changement effectué, un train arrivant maintiendra la barre qq' dans sa nouvelle position et assurera absolument la fixité de tout le système.

MM. Saxby et Farmer ont proposé diverses modifications

à l'appareil dont nous venons d'exposer le principe : nous pensons inutile d'entrer dans ces détails, et nous nous bornerons à faire connaître deux changements qui, à divers égards, ne nous paraissent pas sans importance.

La barre qq' , qui avait été placée d'abord en dehors du rail et qui était alors maintenue par la jante de la roue (*fig. 23*), est placée dans les dernières planches du brevet en dedans du rail et est actionnée, par suite, par le boudin de la roue (*fig. 24*). Outre que, en général, les abords des rails sont plus dégagés à l'intérieur de la voie qu'à l'extérieur, on conçoit que la barre qq' n'a pas besoin d'être maintenue à un niveau si élevé et qu'il est possible d'obtenir que, dans aucune position, elle ne dépasse le sommet du champignon.

La seconde modification que nous voulons signaler rentre à peu près dans le système général d'enclanchement dont nous avons parlé précédemment. Soient ab , $a'b'$ les rails (*fig. 26*) et cd , ef les aiguilles : elles sont mues par l'intermédiaire de tiges de transmission et de leviers coudés $gg'h'h'k'k'm$ aboutissant au levier de manœuvre ; vers leurs extrémités ces aiguilles sont reliées par une barre de fer ec (*fig. 25 et 26*) formée par une lame de tôle placée de champ glissant dans un coussinet spécial et présentant deux ouvertures ovales ω et ω' pouvant l'une ou l'autre, suivant la position des aiguilles, se placer en face d'une ouverture analogue pratiquée dans le coussinet r . D'autre part, un levier spécial est relié invariablement à la tige nn' qui par l'intermédiaire de la manivelle $n'o$ fait mouvoir le levier op' et la tige $p'q'$ entraînant la barre qq' et le levier op entraînant la tige pr . La tige pr passe dans le coussinet r , dont nous avons parlé, de telle sorte que son mouvement n'est possible, qu'elle ne peut être poussée à fond que si l'une des ouvertures de la lame ec se trouve en face de l'ouverture du coussinet ; c'est-à-dire, et c'est là un point capital, que cette tige ne peut être mue que lorsque l'aiguille est

en contact absolu avec le rail correspondant, soit d'un côté, soit de l'autre; en même temps cette tige enclanche les aiguilles de telle sorte qu'il est impossible de les déplacer ou qu'elles ne peuvent être mues accidentellement sans que l'on ait au préalable fait mouvoir ce verrou spécial *nn'opr*.

Mais ce n'est pas tout, et l'appareil est disposé de manière que les aiguilles ne puissent être déplacées pendant la durée du passage d'un train. A cet effet, une barre de fer *qq'*, analogue à celle que nous avons décrite plus haut, est reliée par les tiges *q/p'oq* à la tige faisant fonction de verrou d'enclanchement *pr*. Cette tige *pr* étant placée de telle sorte que son extrémité passe dans l'une des ouvertures ω ou ω' , la barre *qq'* se trouve au-dessous du niveau des boudins des roues et ceux-ci l'empêchent de se relever; la tige *pr* est donc maintenue fixe et la lame *ce* étant enclanchée, les aiguilles sont invariables.

On remarquera que dans le premier système que nous avons décrit, il suffisait que les aiguilles fussent placées à *peu près* dans la position convenable pour que le passage du train les amenât *absolument* à cette position et les y maintînt; dans ce second système, qui paraît suffisant sur les points où il est employé en Angleterre, il faut que l'aiguille soit *faite complètement* avant le passage du train qui la maintient; mais d'autre part, quelle que soit la distance des leviers de manœuvre, on peut savoir si l'aiguille est *complètement faite* puisque si cette condition n'est pas remplie, le levier d'enclanchement *nn'opr* ne peut fonctionner.

Les dispositions dont nous venons de rendre compte peuvent varier suivant les circonstances : elles ont été modifiées de diverses manières par leurs inventeurs, mais nous croyons avoir exposé les points les plus importants du principe général et les systèmes les plus distincts qui ont été signalés par MM. Poulet et Luneau.

VIII. — Cabestans hydrauliques.

Nouveaux cabestans hydrauliques de la maison Armstrong. — Gare de marchandises du North Eastern, à Newcastle. — La machine à vapeur, dont l'emploi est fort avantageux dans un grand nombre de circonstances, ne donne pas des résultats favorables dans certains cas particuliers, par exemple lorsqu'il s'agit de développer un effort considérable pendant un temps assez court et d'une manière intermittente ; il faut, en effet, que la machine soit assez puissante pour vaincre les plus grandes résistances qui peuvent se présenter, d'une part, tandis que, d'autre part, la machine reste inoccupée sous pression dans l'intervalle des instants où l'on en fait usage. On pare à ce grave inconvénient de diverses manières, et particulièrement en employant la pression de l'eau comme intermédiaire : une machine à vapeur, même faible, agissant d'une manière continue pour refouler de l'eau dans un réservoir situé à une grande hauteur emmagasinerait pour ainsi dire une quantité considérable de travail mécanique que l'on pourrait ensuite utiliser de manière à donner naissance à un effort plus ou moins notable dépendant de la hauteur du niveau de l'eau : la durée de l'effort dépendrait du temps nécessaire à vider le bassin, puis il faudrait attendre que le bassin fût de nouveau rempli pour pouvoir reproduire cet effort. Cette disposition, simple en théorie, mais peu pratique, est remplacée par l'*accumulateur* imaginé par M. Armstrong. On sait que cet appareil consiste en un cylindre à piston plongeur mis en communication avec une série de tuyaux aboutissant, d'une part aux points où l'effet doit se produire, d'autre part à une pompe foulante mise en mouvement par une machine à vapeur. La tête du piston plongeur porte une charge considérable produisant sur l'eau située dans le cylindre une très-forte pression

dont la valeur s'obtient en divisant la charge par la surface de base du piston plongeur. En vertu des principes de l'égalité de transmission des pressions dans les liquides, cette pression existe dans tous les points du système lorsque l'eau est au repos et l'on peut, à l'aide d'appareils récepteurs appropriés, développer ainsi de grands efforts. La valeur de la pression obtenue est souvent considérable : elle peut être égale à celle qui serait produite par une colonne d'eau de 500, de 600 mètres. En réalité, et par suite du mouvement de l'eau qui entraîne des pertes de charge, la pression n'est pas partout la même : aussi, en général, place-t-on un certain nombre d'accumulateurs fournissant la pression nécessaire en divers points du circuit. Un dernier accumulateur plus chargé se trouve à l'origine du réseau, près de la pompe foulante : la surcharge est calculée de manière que la pression nécessaire soit atteinte dans les points les plus distants ; cet accumulateur sert en même temps de régulateur : lorsqu'il est complètement rempli, le piston, au terme de son ascension, agit sur un organe particulier qui arrête le refoulement de l'eau, tandis que par sa descente il remet en marche la pompe foulante.

La pression considérable ainsi transmise dans tous les points d'un réseau de tuyaux est utilisée dans des appareils de formes variées, éleveurs, grues hydrauliques, etc. Il suffit de tourner un robinet pour que l'appareil fonctionne lentement en général, mais avec une force irrésistible ; une autre position du robinet produit l'arrêt, une autre encore le mouvement en sens contraire sans que l'ouvrier ait à dépenser une force notable dans ces manœuvres. Des exemples des dispositions diverses qui peuvent être adoptées ont été donnés déjà dans les *Annales* (*); aussi nous bornerons-nous à signaler dans cet ordre d'idées une

(*) *Annales* 1875, 1^{re} sem. Pont tournant de Marsoille, p. 413.

disposition nouvelle, due à M. Wesmacott, de la maison Armstrong, et qui a été remarquée par MM. Poulet et Luneau dans diverses circonstances où elle donnait des résultats satisfaisants : c'est un cabestan hydraulique qui a été appliqué à Londres, à Liverpool, à Swansea, et dont l'emploi était décidé pour les nouveaux ouvrages de Newport, Sharpness, Cardiff, etc.

Ce cabestan consiste en un tambour de fonte MNPQ (Pl. 4, fig. 28 et 29) posé sur un support cylindrique en fonte RSR'S pouvant être mû par un axe en fer forgé XY qui traverse le support et se prolonge au-dessous de la plaque de fondation ABCD (fig. 28, 29 et 30). Cet arbre, à sa partie inférieure, porte une manivelle *ab*, dont le bouton correspond, d'autre part, à deux tiges *cd*, *c'd'*, de pistons se mouvant dans des corps de pompe cylindriques *ef*, *gh*. Ces cylindres, susceptibles d'osciller autour des axes verticaux *mn*, *pq*, sont en communication avec un tuyau d'amenée de l'eau sous pression *rstu* et avec un tuyau d'exhaustion *vxyz*. Sous l'influence de la pression de l'eau, les pistons prennent un mouvement alternatif et leurs tiges, par suite de l'oscillation des corps de pompe, agissant directement sur la manivelle, l'entraînent dans un mouvement de rotation qui, par l'intermédiaire de l'arbre XY, se transmet au tambour MNPQ. La disposition, le nombre et les dimensions des cylindres peuvent varier suivant la puissance que l'on veut développer.

Des appareils du même genre avaient été employés déjà ; mais, placés sous le sol, ils étaient inaccessibles ; ils étaient d'une surveillance impossible, et les réparations étaient difficiles et exigeaient pour ainsi dire une démolition et une construction nouvelle. M. Wesmacott, à qui l'on doit en Angleterre un grand nombre d'installations d'appareils hydrauliques, a imaginé une disposition qui lève ces difficultés. Dans ses nouveaux cabestans, tout le système que nous avons décrit est invariablement fixé sur une

forte plaque de fondation AA'C'CB'B (fig. 30) qui n'est pas scellée à demeure, mais qui est portée par deux tourillons oo , et qui peut ainsi tourner autour de l'axe horizontal que ceux-ci constituent ; de cette manière, il est possible de faire basculer l'appareil entier avec facilité (fig. 29) et d'examiner et réparer tous les organes. Cette disposition, qui rend de très-grands services dans la pratique, entraîne quelques particularités dans la construction : c'est ainsi que les tuyaux d'amenée et d'exhaustion de l'eau aboutissent aux tourillons, à la surface par les tuyaux qui conduisent aux cylindres $rstu$ $vxyz$ dans l'axe par ceux qui sont en relation avec le réseau $\alpha\beta$, $\gamma\delta$.

Une disposition entièrement analogue est également appliquée à la construction de cabestans à axe horizontal, de treuils qui sont placés à la surface du mur, à l'intérieur duquel, dans une cavité pratiquée spécialement, se trouve l'appareil moteur à l'abri derrière une plaque de fondation verticale.

Ces appareils, les premiers surtout, sont répandus dans les ports et dans certaines gares de chemins de fer où, concurremment avec les grues hydrauliques, ils facilitent considérablement les manœuvres et permettent de les exécuter rapidement avec un personnel restreint. Nous allons indiquer, comme exemple, l'installation des appareils hydrauliques divers de la gare des marchandises de Newcastle. Cette gare comprend une partie découverte et une halle couverte entre lesquelles se trouvent les voies principales (fig. 31), aboutissant à environ 1 kilomètre à la station des voyageurs. Ces voies sont sur un viaduc qui se trouve à 5 mètres au-dessus du sol de la halle couverte, à 7 mètres au-dessus de la halle découverte.

La halle couverte a une étendue de 105 mètres sur 130 ; sa toiture est portée par des colonnes distantes de 15 mètres les unes des autres ; elle comprend onze voies, trois quais de débarquement et deux chaussées pavées en bois pour

voitures. Chaque quai est bordé d'un côté par une voie, de l'autre par une chaussée pavée; des grues hydrauliques sont installées sur chaque quai à des distances de 5 mètres, alternativement de l'un et de l'autre côté; ces quais présentent des soupiraux qui les mettent en communication avec le sous-sol qui sert de dépôt ou magasin provisoire. Des grues hydrauliques sont également placées à des intervalles de 5 mètres, le long des murs qui limitent latéralement la gare. Les grues placées sur les quais servent à faire passer avec rapidité les marchandises des wagons qui sont sur les voies adjacentes dans le sous-sol, et plus tard de ce sous-sol sur les voitures amenées sur les chaussées voisines, ou réciproquement; les grues placées sur les côtés servent à compléter le chargement de wagons par des wagons à demi remplis.

Tous les 45 mètres se trouve une voie transversale qui coupe la gare dans toute sa largeur: aux points où elle rencontre les onze voies déjà signalées, se trouvent des plaques tournantes, et un cabestan hydraulique est placé près de chaque intersection, quelques autres sont situés à l'extrémité des voies. Ce sont ces cabestans qui exécutent tous les mouvements de trains ou de wagons dans la gare; une corde est attachée au train ou au wagon qu'il s'agit de déplacer, on lui fait faire deux tours sur le cabestan et, par le mouvement d'un robinet, la traction s'exerce sans effort de l'homme, sans bruit. Des rouleaux placés en divers points permettent d'étendre l'action des cabestans en dehors de leur ligne d'action directe en faisant réfléchir la corde suivant une nouvelle ligne et avec peu de frottement.

Enfin les voies transversales dont nous venons de parler font communiquer par-dessous le viaduc la halle couverte avec la gare découverte où se trouvent des voies leur faisant suite, mais à un niveau différent, à 2 mètres en contre-bas. Des plates-formes mobiles amènent successivement les wagons de l'un à l'autre niveau: chaque plate-

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

située par un châssis en fer *ab* (fig. 27), porté par la tête d'un piston plongeur *gh* que peut pression de l'eau ; le parallélisme de la plate-forme mouvement est assuré par un double parallélogramme articulé *abcdef*, dont les montants sont munis de *k* pour faciliter l'ascension et retarder la

teur et la machine à vapeur qui l'alimente quelque distance, sous une partie des arches

Nouveaux murs de quai du port de Glasgow.

De nombreux travaux aient été exécutés depuis tout à Glasgow, pour améliorer la navigation de faciliter le mouvement commercial, le développement des transactions a conduit, il y a quelques années à proposer la construction de nouveaux quais, de radoub. Ces propositions étaient justifiées par la diminution du tirant d'eau maximum des navires qui n'était que de 5^m,40 en 1851, tandis qu'il était de 10 en 1871 ; par le tonnage des marchandises exportées qui, pendant la même période, avait augmenté de 5.000 tonnes à 2.100.000. Pendant le même temps la longueur des quais s'était accrue seulement de 100 mètres, et la superficie du port avait varié de 100 hectares seulement. Les travaux d'approfondissement furent poussés avec activité et amenèrent de bons résultats satisfaisants (la profondeur s'éleva de 10 entre les années 1851 et 1871). D'autre part on creusa des quais et l'on commença le creusement de nouveaux quais importants : c'est une commission spéciale, créée par le conseil municipal de Glasgow, la *Commission de la Clyde* qui, depuis 1858, a succédé à la Commission municipale et qui est actuellement chargée

de la direction des travaux des quais, des docks, des formes de radoub, etc.

L'exécution du *Plantation quay* et des quais du dock dit de *Stob-Cross* a présenté des difficultés qui ont conduit à l'adoption d'un mode particulier d'exécution que nous allons exposer sommairement, sans nous arrêter à la description des types anciennement adoptés et des modifications qu'il a fallu leur faire subir par suite de l'approfondissement continu du chenal. Une partie des quais des docks de *Stob-Cross* seulement est construite d'après ce système, le terrain présentant des natures différentes dans l'étendue de ces constructions.

Le *Plantation quay* fut construit sur un terrain constitué entièrement par du sable : ce terrain, qui s'avancait dans la rivière, était perreyé et formait un batardeau naturel à l'abri duquel on pouvait exécuter les travaux. Le long de ces perrés la profondeur de l'eau était de 4^m,20 à la marée basse et atteignait 6^m,60 à la marée haute; mais il fallait prévoir un approfondissement au pied du quai et, par suite, descendre les fondations à une profondeur suffisante : on admit que les dragages abaisseraient le fond du bassin à 6 mètres au-dessous des basses mers. La nature du sol ne permettait pas d'espérer que l'on pût atteindre un terrain solide, on résolut donc de descendre simplement les fondations dans le sol à 4^m,20 au-dessous du fond projeté du port, soit à 10^m,20 au-dessous du niveau des basses mers. Dans ces conditions on pensa qu'il était impossible d'adopter le mode de fondation sur pieux et l'on accepta les propositions de M. Milroy, qui fut chargé de la construction de 360 mètres de quais fondés sur puits en briques ou en béton de ciment de Portland foncés dans le sol à la profondeur requise. Nous allons entrer dans quelques détails relativement à ce mode de fondation tel qu'il a été employé à Glasgow, en raison de l'importance des applications qui en ont été faites dans ce port.

I. Composition d'un puits. — Chaque puits présente à sa partie inférieure un sabot auquel on a donné la forme la plus simple; il est en effet constitué par une pièce en fonte composée d'un anneau cylindrique vertical haut de 0^m,914 environ sur un diamètre de 3^m,80 (Pl. 5, fig. 3 et 4) égal au diamètre extérieur du puits, et un anneau circulaire horizontal ayant même diamètre extérieur et une largeur de 0^m,45; ces deux parties du sabot sont consolidées par des nervures.

Sur cette pièce en fonte, on élevait des assises de briques sur une hauteur de 0^m,80 environ; ces assises, dont le diamètre extérieur était celui du cylindre même (3^m,80), étaient à l'intérieur placées en encoorbellement jusqu'à ce que le diamètre intérieur fût réduit à 2^m,36 qui régnait jusqu'au sommet du puits. Un cercle de fer plat (fig. 10) se trouvait placé entre deux rangées de briques à 0^m,70 du sabot, et des boulons reliaient ces deux pièces de manière que toute cette première partie pût être considérée comme un monolithe.

Cette base ainsi constituée, on construisait le puits en plaçant au-dessus des anneaux de 0^m,75 de hauteur faits à l'avance qui, primitivement construits en briques, furent plus tard, par raison d'économie, exécutés en béton de ciment de Portland. Ces anneaux, dont le poids est de 10 tonnes environ, sont ainsi superposés les uns aux autres jusqu'à ce que le cylindre formé ait atteint la hauteur projetée de 8 mètres.

Lorsque le puits est enfoncé jusqu'à la profondeur à laquelle il doit parvenir, on le comble à sa base sur une hauteur de 1^m.70 par une masse de béton composée de 1 de ciment de Portland et de 5 de gravier; puis on remplit le cylindre de gravier.

II. Groupement des cylindres. — On pouvait craindre que les variations du niveau de l'eau produites par les marées ne provoquassent un écoulement du sable à tra-

ers les espaces qui séparent les puits et qu'il en résultât un déplacement de ceux-ci. Pour empêcher des mouvements de dévers dans les fondations, on résolut de grouper les puits en en rendant plusieurs solidaires : de cette manière, ils opposent une plus grande résistance à la poussée de la terre, et, en même temps, on diminue le nombre des interstices qui existent entre les cylindres (les cylindres d'un même groupe formant une pièce continue) et, par suite, on diminuait les chances d'écoulement du sable et de mouvement du sol. Divers modes de groupement furent proposés (fig. 11 à 14) : pour le Plantation quay, on adopta le groupement par trois cylindres, comme l'indique la fig. 12 : aux quais du Stob-Cross dock, on a admis le même groupement, mais les groupes sont enchevêtrés (fig. 11) : de cette manière ils se prêtent un mutuel appui et le sable ne peut s'écouler qu'avec plus de difficulté. (Les cylindres employés dans cette construction s'élèvent jusqu'au-dessus du niveau des basses mers.)

Le mode de groupement adopté à Plantation quay (fig. 12) n'empêche pas absolument le sable de terre-plein de s'écouler dans la rivière : pour s'opposer à cette tendance, les anneaux constituant les cylindres présentaient, lorsqu'ils étaient en briques, les uns une rainure, les autres une languette : la pénétration de la languette d'un cylindre dans la rainure du cylindre voisin formait un assemblage impénétrable au sable, sinon à l'eau. Cette disposition rationnelle, mais qui devait présenter des difficultés réelles dans la construction, fut supprimée lorsqu'on remplaça les briques par du béton.

III. *Profil et construction du mur* (fig. 1). — Le mur qui s'élève au-dessus des puits de fondation présente une surface extérieure avec un fruit $\frac{1}{10}$ construite en briques avec mortier à 2 $\frac{1}{2}$ de sable pour 1 de ciment de Portland. Le massif intérieur est en maçonnerie brute et coupé par deux assises horizontales de briques ; la surface postérieure

présente des retraites, de telle sorte que l'épaisseur du mur qui est à la base de 3^m,15 n'est que de 2^m,20 au sommet. Le couronnement, qui est situé à 2^m,40 au-dessus des hautes mers, est surmonté d'un parapet de granit de 0^m,42. Enfin, on a remblayé derrière le mur avec des escarbilles, et des tuyaux en fonte placés de distance en distance et aboutissant à des filtres en pierres cassées assurent l'écoulement des eaux.

L'axe du mur correspond à la ligne des centres des cylindres jointifs : le mur se trouve donc en porte-à-faux entre les surfaces extérieures des cylindres : il est posé sur des sommiers en fonte franchissant ces intervalles et renforcés du côté de l'angle des surfaces cylindriques par des dés en pierre,

IV. *Mode d'exécution des travaux.* — Nous allons entrer maintenant dans quelques détails relatifs au mode d'exécution des travaux :

A. *Construction des cylindres.* — Ainsi que nous l'avons dit, les cylindres sont constitués d'anneaux faits à l'avance et que l'on superpose successivement, ce mode de construction étant caractéristique du système Milroy. Dans le cas de cylindres en béton, des moules en bois, formés de bordages extérieurs et intérieurs, limitent la forme de l'anneau et sont maintenus en place sur un sommier : quatre mandrins par anneau sont placés sur ce sommier de manière à réserver dans le bloc quatre trous carrés de 0^m.12 de côté. On verse dans le moule le béton, composé de 3 parties de gravier, 2 de pierres cassées et 1 de ciment de Portland : on peut, à l'aide de planches placées verticalement, séparer le bloc *en trois ou quatre* segments plus faciles à transporter que l'anneau entier. Au bout d'une journée, la prise était suffisante pour qu'on pût enlever les moules ; mais les blocs restaient trois semaines sur le chantier avant d'être déplacés. Ces blocs annulaires avaient un volume de 5^m°,575 et un poids de 10 tonnes environ.

Dans le cas d'anneaux construits en briques, le bordage intérieur du moule était supprimé : les briques employées, au nombre de 2.000, étaient maçonnées avec un mortier formé de parties égales de sable et de ciment de Portland. En moins d'un jour la prise était suffisante pour qu'on pût enlever le moule et on laissait les blocs cinq jours avant de les déplacer.

Par ce procédé, quatorze moules ont suffi pour exécuter 1.200 anneaux pesant ensemble 1.000 tonnes environ.

Les anneaux dont l'ensemble constituait un puits étaient successivement placés les uns au-dessus des autres et réunis comme suit : on ménageait entre deux anneaux un certain vide en interposant trois minces lattes ; on jointoyait ce vide intérieurement et extérieurement afin d'obtenir une cavité fermée, puis par les trous réservés dans l'anneau, on versait un coulis de ciment et l'on descendait, au fond de ces trous, des briques qui, prises dans la masse du ciment, formaient des tenons et empêchaient tout mouvement relatif.

B. Exécution des travaux ; mise en place des cylindres. — Ainsi que nous l'avons dit, les travaux de fonçage des cylindres se faisaient en arrière de la rive protégée par un perré : on ouvrit sur l'emplacement des quais futurs une tranchée et on la descendit jusqu'à 0,60 environ au-dessus du niveau des basses mers : de cette manière, sans prévenir absolument l'entrée des eaux, on les empêchait néanmoins de devenir gênantes. On mettait alors soigneusement les sabots en place, veillant à ce qu'ils occupassent bien leur position exacte et à ce que leur base supérieure fût bien horizontale. On procédait alors à la mise en place des anneaux qui, construits et emmagasinés sur une plateforme voisine, étaient amenés sur des trucs roulant sur une voie ferrée ; une grue à vapeur D roulant sur un échafaudage mobile les saisissait et les transportait sur le puits en construction C (fig. 7).

L'enlèvement des blocs annulaires était rendu facile par l'emploi de l'appareil représentée fig. 8 et qui est une espèce de louve à trois branches recourbées à leur partie inférieure. Lorsque l'on voulait soulever un bloc, cet appareil était amené au centre de l'anneau et les parties recourbées des leviers placées dans des encoches faites à dessein à la partie inférieure du bloc. Lorsque la chaîne de levage se tendait, elle tendait à rapprocher les parties supérieures des leviers, à éloigner par suite les parties inférieures, ce qui maintenait l'appareil solidement en place : d'autres chaînes inférieures empêchaient l'appareil d'avoir une tendance à trop s'ouvrir, ce qui eût amené un écrasement du béton au point de contact. Lorsque le bloc annulaire était posé, il suffisait de descendre la chaîne de levage pour que les leviers fussent redressés et complètement dégagés, ce qui permettait d'enlever l'appareil.

Au fur et à mesure que par l'addition de nouveaux anneaux le poids du nouveau cylindre augmentait, celui-ci s'enfonçait et l'on continuait jusqu'à ce que le cylindre eût atteint sa hauteur totale qui correspondait à 8 assises, soit environ 85 tonnes. La descente des cylindres était alors provoquée de nouveau par l'addition d'une surcharge : M. Milroy ne voulut pas employer des rails pour constituer cette surcharge comme cela avait été fait auparavant. Il se servit d'anneaux de fonte ayant mêmes diamètres intérieur et extérieur que les cylindres sur lesquels on les posait et une hauteur de 0^m,125 : chaque anneau, dont le poids était de 4 à 5 tonnes, était placé soigneusement sur le sommet des cylindres comme les anneaux mêmes et produisait une surcharge bien régulière. Ce procédé est rationnel et donne des résultats satisfaisants : il ne présente que l'inconvénient d'exiger un approvisionnement considérable de fonte (900 tonnes à Glasgow) qui ne peut être utilisée que par une refonte. La surcharge a été en moyenne de 310 tonnes pour un cylindre et s'est

élevée jusqu'à 370 dans quelques cas, ce qui portait à 500 tonnes la charge totale, poids du sabot, de la maçonnerie de briques, du cylindre de béton et des anneaux de fonte.

Malgré cette surcharge, les puits n'auraient pu descendre jusqu'à la profondeur adoptée, et pour les amener au niveau projeté il fallait enlever le sable à l'intérieur, ce qui se faisait à l'aide de l'*excavateur*.

C. *Excavateur Milroy*. — L'*excavateur* dont il nous reste à parler, et qui rappelle comme idée générale la drague américaine de Morris et Cummings, a été inventé par M. Milroy : il consiste en un cadre octogonal (*fig. 5 et 6*), *abcdefgh*, consolidé par des fers à T, aboutissant d'une part aux sommets et d'autre part à un petit anneau en fer placé au centre. Sur chacun des côtés de cette base est articulée, à l'aide de fortes charnières, une sorte de fer de bêche triangulaire; ces fers de bêche peuvent avoir deux positions différentes : ils peuvent être verticaux et, dans ce cas, lorsque l'*excavateur* descend dans le puits, ces fers de bêche pénètrent dans le sol qu'ils ameublissent; ils peuvent être horizontaux, et leur réunion forme un plan propre à enlever les déblais obtenus précédemment.

On fait passer facilement l'appareil de l'une à l'autre de ces positions : à cet effet, la chaîne de levage *kk'* qui se termine en 8 chaînettes, telles que *k'l* aboutissant vers le sommet de chacune des lames triangulaires, porte à une certaine hauteur un déclic *mn* que l'on peut ouvrir à l'aide d'une corde spéciale *no*. Lorsque ce déclic est fermé, il réunit la chaîne de levage à quatre chaînes spéciales *pq* aboutissant d'autre part sur le cadre octogonal; les chaînes *kl* sont alors relâchées et les fers de bêche verticaux, l'appareil, monté et descendu successivement, entame le sol; le déclic *mn* est alors ouvert, les chaînes *pq* tombent, et lorsqu'on tirera la chaîne de levage *kk'*, les chaînettes *k'l*

se tendront et agiront sur les fers de bèches qu'elles ramèneront à l'horizontalité en soulevant le sable précédemment ameubli qui est amené jusqu'à l'orifice du cylindre.

A Glasgow, l'appareil qui porte l'excavateur est un échafaudage mobile E (*fig. 7*), portant un treuil à vapeur F et pouvant passer au-dessous du pont roulant décrit plus haut.

Les déblais amenés par l'excavateur sont placés dans des wagons et emmenés jusqu'au lieu de dépôt.

Le poids de l'excavateur ne suffisait pas à introduire assez profondément l'appareil dans le sol pour que le volume de déblais extraits à chaque fois fût suffisant. On force l'appareil à descendre à l'aide de chaînes *zs* (*fig. 3*) fixées extérieurement et qui, passant sur des poulies *st*, dont le jeu est facile à comprendre, remontent à l'orifice du cylindre et jusque sur le pont roulant E, où elles s'enroulent sur un treuil qui a été mû d'abord à bras, puis à la vapeur. Le treuil, en tournant, entraîne ces chaînes qui forcent l'excavateur à descendre.

La descente des cylindres s'effectuait à la fois sur une assez grande longueur, afin que l'enfoncement d'un groupe isolé n'entraînât pas de déviations dans les groupes voisins; il faut opérer de manière que l'enfoncement soit le même pour tous les cylindres, et que chacun d'eux reste bien vertical.

L'expérience a montré que pour que les dangers d'éboulements fussent faibles, il fallait battre, autour des groupes de cylindres sur lesquels on opérait et jusqu'à une certaine profondeur, un vaste blindage en tôle.

Aux docks de Stob-Cross, les travaux ne furent pas exécutés par M. Milroy : bien qu'il y ait quelques différences relatives à certains détails, le principe général de l'opération est le même, et nous n'insisterons pas davantage. Nous dirons seulement que l'on a essayé la pompe à sable pour remplacer l'excavateur et que l'on a dû y renoncer :

levée était considérable, mais, par
ergique et rapide, qu'il eût été diffi-
e produisit des mouvements dans le
ne dans les cylindres.

r; dépenses. — Les travaux de fon-
en août 1869 et ont été terminés
quai a été complètement achevé en
oi de l'excavateur, la descente des
apidement : dans quelques cas elle a

III.

à Plantation quay paraissent offrir
peut-être cependant ne faudrait-il
les dragages du port au pied des
nstance où, en un point, le dragage
, dans le but d'arracher des pieux,
analogue à celui d'une chute d'eau;

Les cylindres présentaient un dévers de 0^m,037
et la profondeur à l'extérieur n'était plus que de 5^m,10. Une
certaine quantité de sable avait passé de l'intérieur à l'ex-
térieur sans doute en passant, en partie au moins, par-
dessous les cylindres. On fut conduit, à la suite de ce fait, à
placer préventivement des tirants en fer reliant la face
extérieure des cylindres, à des blocs de béton et de briques
du poids de 4 tonnes et placés à 18 ou 20 mètres en arrière
du quai.

La dépense totale a été de 4.670 francs par mètre cou-
rant environ : la valeur du matériel engagé dans l'entre-
prise était de 175.000 francs.

N° 11

THÉORIE DE LA STABILITÉ DES VOUTES.

Établissement des équations générales de la résistance des matériaux
au problème de la stabilité des voutes (*).

Par M. DE PERRODIL, ingénieur des ponts et chaussées.

PREMIÈRE PARTIE.

Les formules qui servent à calculer les valeurs de la charge Q et du moment L au joint de naissance sont d'une détermination laborieuse, ainsi que nous l'avons fait remarquer à la fin de la première partie de notre mémoire n° 12, novembre de 1872. Les calculs seraient très-simplifiés, si l'on supposait l'épaisseur de la voûte constante. Les formules relatives à cette hypothèse pourraient s'appliquer approximativement au cas d'une voûte dont l'épaisseur augmente croissant de la clef aux naissances. On remplacerait en effet, la voûte donnée, par une voûte dont l'épaisseur constante serait la moyenne des épaisseurs de cette

En admettant à l'insertion ce mémoire, qui fait suite à un autre paru en 1872 (2^e sem., p. 42), la commission des *Annales* a cru devoir formuler explicitement quelques réserves. L'application à la maçonnerie de formules établies pour des arcs métalliques est, à ses yeux, un procédé d'une justesse très-contestée qui serait d'ailleurs d'un usage plus pénible que les méthodes graphiques habituellement employées. En outre, elle ne saurait pas qu'on puisse admettre un projet de voûte dans lequel la pression atteigne les deux tiers de la pression d'écrasement instantanée des matériaux.

R. M.

onnées resteraient les mêmes. Viendrait ainsi, pour la seconde, comme la limite supérieure de la première, où les conditions sont plus favorables que dans

271, les valeurs de ρ_0, ρ_1 etc., liées dont nous nous occupons. dans les expressions (28) de m_1 et (36) de Z_1 . Ces trois tuées à leur tour dans celles

li entrent dans Z' et M' , a, b, c liés dans la nouvelle hypothèse et à la fig. 13, qui s'y est de voûte, $K'hIL'$, est constant on 29 sera donc simplement :

$$-r \cos \omega' \cos \omega' d\omega'.$$

alors les suivantes :

$$b+r), \quad c=-pr^2.$$

les rappelées ci-dessus :

$$\frac{\left(\frac{e}{\gamma}-1\right) Z_0-2\pi r \sin \alpha \left] \frac{\rho_0}{r^2}\right.}{\left[1-\left(\frac{e}{\gamma}-1\right) \sigma_2\right] \frac{\rho_0}{r^2}},$$

$$\cos \alpha+Q r \frac{\rho_1}{\rho_0}-\frac{r m_0}{\rho_0}.$$

$$-\frac{b}{2} \rho_2-\frac{c}{6} \rho_2+\left(a+\frac{c}{2}\right) \rho_3,$$

$$-\frac{b}{2} \rho_2-\frac{c}{6} \rho_2+\left(a+\frac{c}{2}\right) \rho_3,$$

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

lesquelles :

$$d = b - a \cos \alpha - \frac{b}{2} \cos^2 \alpha - \frac{c}{3} \cos^3 \alpha.$$

$$Z_1 = - \left(a + \frac{c}{2} \right) \sigma_1 - b(\sigma_1 - \sigma_2) - \frac{c}{2} (\sigma_2 - \sigma_1).$$

$$\rho\rho_0 = \sigma\sigma_0 = 2\alpha,$$

$$\rho\rho_1 = \sigma\sigma_1 = 2 \sin \alpha,$$

$$\rho\rho_2 = \sigma\sigma_2 = \alpha + \sin \alpha \cos \alpha,$$

$$\rho\rho_3 = \sigma\sigma_3 = \frac{2}{3} \sin \alpha (\cos^2 \alpha + 2),$$

$$\rho\rho_4 = \sigma\sigma_4 = \frac{1}{4} [3\alpha + \sin \alpha \cos \alpha (2 \cos^2 \alpha + 3)],$$

$$\rho\rho_5 = \sigma\sigma_5 = 2 (\sin \alpha - \alpha \cos \alpha),$$

$$\rho\rho_6 = \sigma\sigma_6 = \frac{\sin 2\alpha}{4} - \frac{\alpha \cos 2\alpha}{2},$$

lesquelles :

$$p = \frac{2}{3} e^2, \quad \sigma = 2e.$$

avons-y :

$$P = -aa - b \sin \alpha - c \frac{\alpha + \sin \alpha \cos \alpha}{2},$$

ons l'application de ces formules à une arche de pont
: de cercle de 25 mètres de corde, 4^m,20 de flèche,
d'épaisseur à la clef, 1^m,50 d'épaisseur aux nais-
et de 0^m,50 de hauteur de massif de surcharge au-
du sommet de l'extrados. Dans cette voûte la demi-
e des épaisseurs extrêmes est 1^m,30, l'épaisseur
ne est 1^m,227 et l'épaisseur au milieu de la demi-
est 1^m, 21.

is appliquerons les calculs à cette dernière épaisseur.
on r de l'arc moyen et l'angle α , correspondant à la
de cet arc, sont donnés par les équations :

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{f}{l}, \quad r = \frac{l}{\sin \alpha}$$

(voir formule (1), § 1^{er}, du mémoire cité),

dans lesquelles :

$$f = 4,20, \quad l = 12^m,50.$$

On en tire :

$$\alpha = 37^\circ 8' 40'',92 \quad \text{et} \quad r = 20^m,701.$$

Faisons :

$$p = p' = 2.000 \text{ kilog.}$$

Dans les équations (A) nous en déduirons :

$$a = 50.000, \quad b = 878.000, \quad c = -857.000,$$

d'où

$$P = -78.535 \text{ kilog.} \quad \text{et} \quad d = 703.890 \text{ kilog.}$$

Calculons ensuite ρ_0, ρ_1 etc..., avec cinq décimales, et nous trouverons :

$$\rho\rho_0 = \sigma\sigma_0 = 1,29660 = \rho'_0 = \sigma'_0,$$

$$\rho\rho_1 = \sigma\sigma_1 = 1,20766 = \rho'_1 = \sigma'_1,$$

$$\rho\rho_2 = \sigma\sigma_2 = 1,12962 = \rho'_2 = \sigma'_2,$$

$$\rho\rho_3 = \sigma\sigma_3 = 1,06088 = \rho'_3 = \sigma'_3,$$

$$\rho\rho_4 = \sigma\sigma_4 = 1,00013 = \rho'_4 = \sigma'_4,$$

$$\rho\rho_5 = 0,17412 = \rho'_5,$$

$$\rho\rho_6 = \sigma\sigma_6 = 0,15289 = \rho'_6 = \sigma'_6.$$

Multiplions les deux termes de la fraction qui représente la valeur de Q par ρ^2 , et remplaçons-y, ρ_0, σ_0, m_0 , etc., par $\frac{\rho'_0}{\rho}, \frac{\sigma'_0}{\sigma}, \frac{m'_0}{\rho}$, etc..., il viendra, en faisant $\tau = 0$ et $\frac{e}{\gamma} = 3$:

$$Q = \frac{\rho'_0 m'_1 - \rho'_1 m'_0 + 2L' \cdot \frac{\rho'_0}{r^2} \cdot \frac{\rho}{\sigma}}{\rho'_0 \rho'_2 - \rho'^2_1 + (3\sigma'_0 - 2\sigma'_2) \frac{\rho'_0}{r^2} \cdot \frac{\rho}{\sigma}},$$

dans laquelle $\frac{\rho}{\sigma} = \frac{e^2}{3}$.

Il faut calculer maintenant m'_0 donné par la formule :

$$m'_0 = d\rho'_0 + a(\rho'_1 + \rho'_2) - \frac{b}{2}\rho'^2 + c\left(\frac{\rho'_1 + \rho'_2}{2} - \frac{\rho'_3}{6}\right);$$

En ne négligeant rien, on trouve :

$$Q = - 79.600 \text{ kilog.}$$

Passons maintenant à la détermination de L.

En calculant toujours par logarithmes, avec cinq décimales, à l'aide de la formule :

$$L = - r \left(P \sin \alpha + Q \cos \alpha - Q \frac{\rho'_1}{\rho'_0} + \frac{m'_0}{\rho'_0} \right),$$

on trouve :

$$L = - 31.692.$$

Il faut se reporter, à présent, au n° 14 du mémoire, pour appliquer les équations (41) qui feront connaître les quantités X, Z et M à introduire dans les valeurs de R et R' équations (2) du n° 3. On se rappelle que ces valeurs sont les efforts de pression ou de tension par mètre carré des sections normales, suivant deux directions, perpendiculaires et parallèles aux plans de ces sections. Les quantités X et M serviront, en même temps, à déterminer la distance $Z = - \frac{M}{X}$, du point d'application de la résultante des actions élémentaires à la fibre moyenne. Le lieu géométrique de ces points est ce qu'on appelle la courbe des pressions.

Nous partagerons la demi-voute en 6 parties par cinq plans de section normale, faisant avec celui de la clef des angles formant une progression arithmétique dont la raison soit 6°. En y comprenant les sections extrêmes, nous aurons donc à considérer sept sections déterminées par les angles suivants :

$$\omega_0 = 0^\circ, \quad \omega_1 = 6^\circ, \quad \omega_2 = 12^\circ, \quad \omega_3 = 18^\circ, \\ \omega_4 = 24^\circ, \quad \omega_5 = 30^\circ, \quad \omega_6 = 37^\circ 8' 41''.$$

Les calculs indiqués par les formules (41) s'effectueront à l'aide des tables de logarithmes en se bornant à cinq

les. Ces calculs sont contenus dans les tableaux ci-

colonnes 23 et 24 font connaître les pressions on
is, à l'extrados et à l'intrados dans les sept sections
les considérées. Il existe une tension à l'extrados
issances de 5^k,83 par centimètre carré. Cette tension
décroissant vers la clef, et se change en une pression
petite distance du joint de naissance. Nous n'avons
culé les efforts tranchants R^t donnés par la seconde
uations (2) du mémoire. Ils sont sans importance.
colonne 20 donne les distances de la courbe de
ons de l'arc moyen. Nous avons rapporté cette courbe
dessin ci-joint.

méthode simplifiée que nous venons d'exposer suffir
lement, dans la plupart des cas, pour résoudre le
me de la stabilité des voûtes avec une suffisante
imation.

efois, la dispositions qui consiste à extradosser non
lement, afin d'augmenter les épaisseurs à la clef,
te, pour augmenter la stabilité, un avantage dont on
end pas compte par cette méthode. C'est regrettable
nt de vue de l'économie, puisque, s'il en était autre-
on pourrait profiter de cet avantage pour réduire
seur de la voûte. D'un autre côté, l'application des
es (37) du mémoire est presque impraticable par
u travail considérable qu'elle exige; nous le recon-
is tout le premier. Mais en remplaçant la fonction

$\frac{n - \cos \omega}{n - 1} l$, qui représente l'épaisseur variable de la

voûte par une fonction de la forme, $\frac{1}{\sqrt{p - q \sin \omega}}$, les

sions différentielles des formules (37) perdront leur
inateur $(n - \cos \omega)^2$ et leur numérateur sera multi-
r le binôme $p - q \sin \omega$, ce qui simplifiera considéra-
nt les intégrations ainsi que leurs résultats.

Les coefficients p et q se détermineront par deux conditions. Ces deux conditions seront l'égalité des épaisseurs données par les deux fonctions à la clef et aux naissances. Nous verrons d'ailleurs que les autres épaisseurs sont à très-peu de chose près les mêmes suivant l'une ou l'autre fonction, pour une même valeur de ω . Nous ferons bientôt une nouvelle application de notre théorie des voûtes, en tenant compte des considérations précédentes (*).

Notre théorie des voûtes suppose, comme nous l'avons dit en commençant, *que la maçonnerie qui les compose est un véritable monolithe homogène*. Elle n'est donc point irréprochable, surtout lorsque les mortiers sont médiocres. Mais nous ferons remarquer, qu'en ce qui concerne les ponts en métal, notre théorie est bien réellement irréprochable dans tous les cas. Nous en ferons ultérieurement l'application aux ponts les plus importants qui aient été construits jusqu'à ce jour, soit avec la fonte, soit avec le fer.

(*) Nous donnerons alors des tables qui permettront de calculer très-rapidement les valeurs de P , Q et L .

SECONDE PARTIE.

17. Nous avons indiqué, à la fin du numéro précédent, une méthode de simplification des intégrales, $\int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{d\omega \cos^n \omega}{\rho}$, qui consisterait, à exprimer l'épaisseur E de la demi-voûte, par une fonction de la forme, $E = \frac{1}{\sqrt[p]{p + q \sin \omega}}$. On aurait ainsi : $\rho = \frac{2}{3(p + q \sin \omega)}$, et l'on n'aurait qu'à effectuer les intégrales :

$$\int_{-\alpha}^{\alpha} d\omega \cos^n \omega, \quad \int_{-\alpha}^{\alpha} d\omega \sin \omega \cos^n \omega.$$

Cet artifice de calcul n'est applicable qu'à la condition de changer le signe de q pour les demi-épaisseurs correspondant à deux points symétriques, puisque le signe de $\sin \omega$ est différent pour ces deux points, et que cependant E doit y conserver la même valeur. Au lieu d'une seule intégrale, $\int_{-\alpha}^{\alpha} d\omega \sin \omega \cos^n \omega$, qui est égale à $\frac{1}{n+1} [\cos^{n+1}(-\alpha) - \cos^{n+1} \alpha]$ ou à zéro,

on aurait donc les deux intégrales $+\int_{-\alpha}^{\alpha} d\omega \sin \omega \cos^n \omega$ et $-\int_{-\alpha}^{\alpha} d\omega \sin \omega \cos^n \omega$, dont la somme serait égale à $\frac{2(\cos^{n+1} \alpha - 1)}{n+1}$. On peut s'assurer d'ailleurs, que les deux

fonctions, $\frac{1}{\sqrt[p]{p + q \sin \omega}}$, et $a + b \cos \omega$, prennent des valeurs très-peu différentes, pour une même valeur de ω , lorsque les valeurs extrêmes correspondant à la clef et aux naissances ont un rapport compris entre 1 et 1,5.

Mais il convient de renoncer à ce procédé de simplification, dans le cas où ce rapport dépasse 1,5, et surtout 2,

ou un plus grand nombre. Mais dans ces cas encore, nos formules de la stabilité des voûtes sont susceptibles de simplifications importantes que nous allons faire connaître.

D'abord il sera toujours possible de faire $c = 0$, et de représenter, ainsi, l'élément du poids de voûte et du massif de surcharge, par l'expression, $dZ' = (a + b \cos \omega) d\omega$. n° 11. En effet, cet élément peut être représenté par la surface ABCD (fig. 16, Pl. 5), comprise entre les deux rayons OD, OC de l'arc moyen, faisant entre eux l'angle $d\omega$. Soit MN l'élément de l'arc moyen, compris entre les deux sections, AD, CB.

La surface ABCD est égale à $AD \times MN$. La distance MN est prise, pour simplifier, à la place de la distance des milieux de AD et BC. Il ne faut pas perdre de vue que les équations générales de la résistance des matériaux s'appliquent à des solides, dont les dimensions transversales et la courbure sont petites, par rapport à leur longueur, et l'on y néglige les différences de l'ordre dont il s'agit ici. Ces différences seront d'autant plus petites, que les voûtes seront plus surbaissées.

AD est égal à $AM + MD$, $AM = \epsilon$, $MD = OD - r$,

$$OD = \frac{OH}{\cos \omega}, \quad OH = OK + KH = r + e + h,$$

d'où :

$$AD = \epsilon + \frac{r + e + h}{\cos \omega} - r, \quad \text{et} \quad ABCD = \left(\epsilon + \frac{r + e + h}{\cos \omega} - r \right) r d\omega.$$

Je dis que l'on peut substituer un binôme de la forme, $(a + b \cos \omega)$, $d\omega$ à l'expression précédente (*). Lorsque ω est petit, on a, sans erreur sensible, $\frac{1}{\cos \omega} = 2 - \cos \omega$, ce que l'on reconnaît en développant en série les deux

(*) ϵ est de la forme $a + b \cos \omega$.

membres de cette égalité. Mais l'emploi de la fonction, $a + b \cos \omega$, est toujours admissible, quand il s'agit de représenter la valeur de la partie AD du rayon OD (fig. 16).

En effet, déterminons les coefficients a et b , de manière que le binôme $a + b \cos \omega$, prenne les valeurs EH, FG, pour les deux valeurs, 0 et α de ω . On aura, pour calculer a et b , les deux équations :

$$a + b = \overline{EH} = E,$$

$$a + b \cos \alpha = \overline{FG} = E',$$

$$\text{d'où} \quad a = E + \frac{E' - E}{1 - \cos \alpha}, \quad b = - \frac{E' - E}{1 - \cos \alpha}.$$

Les valeurs extrêmes de la fonction, $a + b \cos \omega$, pour $\omega = 0$, et $\omega = \alpha$, coïncideront avec celles de la fonction exacte, et il est facile de voir, par quelques exemples, que les valeurs intermédiaires de ces deux fonctions seront très-peu différentes, dans tous les cas de la pratique. Il sera donc permis de faire usage de la formule, $dZ = (a + b \cos \omega) d\omega$, avec d'autant plus de raison, que l'hypothèse d'après laquelle on sépare, par des plans verticaux, le massif de surcharge, en éléments dont les poids sont appliqués aux divers éléments de voûte, conduit, peut-être, à une formule moins exacte que la précédente. Cependant, l'exactitude de cette formule permet de résoudre le problème de la stabilité des voûtes, avec une suffisante approximation. On substituera donc la formule ci-dessus, au trinôme dont nous avons fait usage précédemment, en faisant, $c = 0$, dans les formules (30) à (36) des nos 11 et 12. L'intégrale ω , disparaît alors entièrement et elle peut être supprimée du tableau des formules 37. Mais ce tableau comporte deux simplifications beaucoup plus impor-

tes encore. Multiplions tout par le facteur, $\frac{(n^2 - 1)^{\frac{5}{2}}}{4}$, et désignons toujours par ω_0, ω_1 , etc., les produits par ce fac-

teur, des quantité représentées auparavant par ces mêmes notations.

Dans la plupart des cas, n est égal à l'unité augmentée d'une petite quantité. Cette observation nous conduit à remplacer n par $1 + n$. Ordonnons, suivant les puissances croissantes de n , de manière à former une suite de termes généralement très-convergente.

Cela fait, formons les différences successives

$$\Delta = \omega_0 - \omega_1, \quad \Delta' = \omega_0 - \omega_1 - (\omega_1 - \omega_2), \\ \Delta'' = \omega_0 - \omega_1 - 2(\omega_1 - \omega_2) + \omega_2 - \omega_3,$$

et nous obtiendrons le tableau suivant:

$$\omega_0 = \frac{3}{2} (\alpha_0 + \alpha_1) + \alpha_2 + 2(\alpha_0 + \alpha_1)n + \alpha_0 n^2.$$

$$\Delta = \omega_0 - \omega_1 = \left(\frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2} - \alpha_2 \right) n + (\alpha_0 - \alpha_1)n^2,$$

$$\Delta' = \omega_0 - \omega_1 - (\omega_1 - \omega_2) = \left[\frac{3}{2} (\alpha_0 - \alpha_1) - (\alpha_1 - \alpha_2) \right] n^2,$$

$$\Delta'' = - \left(\frac{15}{2} \alpha_0 - \frac{9}{2} \alpha_1 + \alpha_2 \right) n^3 + \frac{\alpha}{2} (2n + n^2)^{\frac{5}{2}} - (5\alpha_0 - \alpha_1)n^4 - \alpha_0 n^5.$$

$$\omega_3 = (\alpha_0 + \alpha_1)n + \left(\frac{3}{2} \alpha_0 + \frac{\alpha_1}{2} \right) n^2 + \frac{\alpha_0}{2} n^3 - \frac{(2n + n^2)^{\frac{5}{2}} \cdot \alpha}{(2n + 2 - 2 \cos \alpha)^2},$$

$$\Delta_3 = \omega_3 - \omega_6 = (3\alpha_0 - \alpha_1)n^2 + \left(\frac{5}{1} \alpha_0 - \frac{\alpha_1}{2} \right) n^3 + \frac{\alpha_0}{2} n^4 - \\ - \frac{(2n + n^2)^{\frac{5}{2}} \alpha}{(2n + 2 - 2 \cos \alpha)^2} (n + 2 - 2 \cos \alpha).$$

Dans ces formules, α_0 , α_1 et α_2 , sont exprimées par les égalités suivantes:

$$\alpha_0 = \varphi, \quad \alpha_1 = \sin \varphi \cos \varphi, \quad \alpha_2 = \sin \varphi \cos^3 \varphi,$$

tang φ , étant égal à $\sqrt{1 + \frac{2}{n}} \tan \frac{\alpha}{2}$ (voir page 61, n° 12,

et ne pas oublier que nous avons remplacé n par $1 + n$).

Posons, comme à la page 63, n° 13,

$$\delta_0 = \omega_2 - \frac{\omega_1^2}{\omega_0}, \quad \delta_1 = \omega_2 - \frac{\omega_2 \omega_1}{\omega_0}, \quad \delta_2 = \omega_2 - \frac{\omega_2 \omega_1}{\omega_0},$$

et la valeur (39) de Q pourra s'écrire en faisant $\tau = 0$:

$$Q = \frac{a(\delta_0 + \delta_2) - \frac{b}{2} \delta_1 + 2\zeta \frac{e_0}{e_1 r^2}}{\delta_0 + (3\varphi_0 - 2\varphi_2) \frac{e^0}{e_1 r^2}},$$

dans laquelle

$$\zeta = -a\varphi_2 - b(\varphi_1 - \varphi_3).$$

Quant aux valeurs de $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ et φ_5 qui entrent dans cette équation, ce sont celles du tableau des formules (37),

multipliées par le facteur $\frac{(2n + n^2)^{\frac{5}{2}}}{4}$. Les termes qui con-

tiennent ces quantités sont petits, par rapport aux autres, et l'on peut les simplifier, en négligeant $2(\varphi_0 - \varphi_2)$, qui est petit par rapport à φ_0 . $3\varphi_0 - 2\varphi_2$ se réduit alors à φ_0 . On a d'ailleurs (formules 57, modifiées comme ci-dessus) :

$$\varphi_0 = \alpha_0(2n + n^2)^2, \quad \frac{e_0}{e_1} = \frac{1}{3} \frac{e^2}{n^2},$$

voir les valeurs de e_0 et e , page 36, n° 12.

Négligeons n^2 par rapport à $2n$ et il restera :

$$(3\varphi_0 - 2\varphi_2) \frac{e_0}{e_1 r^2} = \frac{4}{3} \alpha_0 \frac{e^2}{r^2}.$$

Dans les arcs surbaissés, φ_5 diffère peu de $2(\varphi_1 - \varphi_2)$. En effet, $\omega \sin \omega$ diffère peu de ω^2 ou de $2(1 - \cos \omega)$, et si l'on met cette dernière valeur à la place de $\omega \sin \omega$ dans l'intégrale,

$$\varphi_5 = \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{\omega \sin \omega \cos \omega d\omega}{n - \cos \omega},$$

on aura :

$$\varphi_3 = 2 \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{\cos \omega d\omega}{n - \cos \omega} - 2 \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{\cos^2 \omega d\omega}{n - \cos \omega} = 2(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Introduisons ces simplifications dans l'expression de Q, nous aurons :

$$Q = \frac{a(\delta_0 + \delta_3) - \frac{b}{2} \delta_1 + \frac{2\zeta}{3n^2} \frac{e^2}{r^2}}{\delta_0 + \frac{4}{3} \alpha_0 \frac{e^2}{r^2}},$$

dans laquelle

$$\zeta = 2a(\varphi_1 - \varphi_2) - b(\varphi_1 - \varphi_3),$$

les valeurs de φ_1 , φ_2 , φ_3 étant données par le tableau suivant :

$$\varphi_1 = (1 + n)\varphi_0 - \alpha \frac{(2n + n^2)^{\frac{5}{2}}}{2},$$

$$\varphi_2 = (1 + n)\varphi_1 - \sin \alpha \frac{(2n + n^2)^{\frac{5}{2}}}{2},$$

$$\varphi_3 = (1 + n)\varphi_2 - (\alpha + \sin \alpha \cos \alpha) \frac{(2n + n^2)^{\frac{5}{2}}}{4}.$$

18. *Calcul des différences δ_0 , δ_1 et δ_3 .* — La différence $\delta_0 = \omega_2 - \omega_1 \frac{\omega_1}{\omega_0}$ peut se mettre sous la forme

$$\delta_0 = \omega_0 - \omega_1 - (\omega_1 - \omega_2) - \frac{(\omega_0 - \omega_1)^2}{\omega_0}.$$

La différence $\delta_1 = \omega_3 - \omega_2 \frac{\omega_1}{\omega_0}$ peut se mettre sous celle de :

$$\delta_1 = \omega_0 - \omega_1 - (\omega_2 - \omega_3) - \frac{(\omega_0 - \omega_1)(\omega_0 - \omega_2)}{\omega_0}.$$

La différence $\delta_3 = \omega_0 - \omega_3 \frac{\omega_1}{\omega_0}$ peut se mettre sous la forme de :

$$\delta_3 = \omega_3 \frac{\omega_0 - \omega_1}{\omega_0} - (\omega_3 - \omega_3).$$

Employant la notation Δ pour les diverses différences premières et secondes des égalités précédentes, il viendra :

$$\delta_0 = \Delta' - \frac{\Delta^2}{\omega_0},$$

$$\delta_1 = \Delta' + \Delta'_2 - \frac{\Delta(\Delta + \Delta_2)}{\omega_0},$$

ou en remplaçant dans cette dernière

$$(*) \Delta'_2 \text{ par } \Delta' - \Delta'' \text{ et } \Delta_2 \text{ par } \Delta - \Delta'_2, \delta_1 = 2\delta_0 - \left(\Delta'' - \frac{\Delta\Delta'}{\omega_0} \right),$$

il vient ensuite :

$$\delta_2 = -\Delta_2 + \frac{\Delta\omega_2}{\omega_0}.$$

Dans les voûtes surbaissées ω_2 diffère peu de $2(\omega_0 - \omega_1)$. On le reconnaît par un raisonnement analogue à celui qui nous a conduit à l'égalité $\varphi_2 = 2(\varphi_1 - \varphi_2)$; on verrait de même que $\omega_2 - \omega_0$ diffère peu de $2(\omega_0 - \omega_1) - 2(\omega_1 - \omega_2)$, donc δ_2 diffère peu de $-2\Delta' + \frac{2\Delta^2}{\omega_0}$. D'un autre côté, Δ_2 et Δ'_2 diffèrent peu de Δ et Δ' .

Ainsi, dans les voûtes surbaissées, δ_1 est, à très-peu de chose près, le double de δ_0 et δ_2 égal à δ_1 et de signe contraire.

Les formules précédentes sont maintenant d'une application assez rapide, comme nous le verrons bientôt par un exemple.

19. *Calcul de L.* — La valeur de L est donnée par la formule :

$$\frac{1}{r} L = P \sin \alpha + Q \left(\frac{\omega_1}{\omega_0} - \cos \alpha \right) - \frac{\mu_0}{\omega_0}$$

dans laquelle

$$\frac{\mu_0}{\omega_0} = a \left(\frac{\omega_1}{\omega_0} - \cos \alpha + \frac{\omega_2}{\omega_0} \right) + \frac{b}{2} \left(2 - \cos^2 \alpha - \frac{\omega_2}{\omega_0} \right).$$

(*) Δ'_2 désigne la différence : $\omega_1 - \omega_2 - (\omega_2 - \omega_3)$, et Δ_2 : $\omega_1 - \omega_2$.

Cette dernière égalité s'obtient en remplaçant dans la première équation (38) d par sa valeur $d = b - a \cos \alpha - \frac{b}{2} \cos^2 \alpha$.

Mettons $1 - \frac{\Delta}{\omega_0}$ au lieu de $\frac{\omega_1}{\omega_0}$ et $1 - \frac{2\Delta - \Delta'}{\omega_0}$ au lieu de $\frac{\omega_2}{\omega_0}$ et nous aurons :

$$\frac{\mu_0}{\omega_0} = a(1 - \cos \alpha) + \frac{b}{2}(1 - \cos^2 \alpha) + a \frac{\omega_1 - \Delta}{\omega_0} + b \frac{2\Delta - \Delta'}{\omega_0},$$

P, Q et L étant connus, on les introduira dans les équations (41), page 65.

Ces équations contiennent des fonctions de ω qui ont une signification simple.

Ainsi, le binôme $a\omega + b \sin \omega$ représente le poids de la partie de voûte et de massif de surcharge comprise entre la section à la clef et la section inclinée de ω sur la première, ainsi qu'on le reconnaît en intégrant dZ' de 0 à ω . Nous le désignerons par Z' . Le moment de ce même poids par rapport à la verticale du sommet de la voûte est égal à l'intégrale

$$\int_0^\omega dZ' r \sin \omega \text{ ou à } r[a(1 - \cos \omega)] + \frac{b}{2}(1 - \cos^2 \omega).$$

Nous le désignerons par M'_ω . Introduisant ces deux notations dans les formules (41), nous aurons :

$$\begin{aligned} X &= Q \cos \omega - Z' \sin \omega, \\ Z &= -Q \sin \omega - Z' \cos \omega, \\ M &= L + r(X_\alpha - X_\omega) + M'_\alpha - M'_\omega. \end{aligned}$$

On pourra se borner généralement à calculer les valeurs de ces trois quantités correspondant à la clef et aux naissances. A la clef on fera $\omega = 0$ et l'on aura Z'_0 et M'_0 étant égaux à zéro :

$$\begin{aligned} X_0 &= Q, \\ Z_0 &= 0, \\ M_0 &= L + r(X_\alpha - Q) + M'_\alpha. \end{aligned}$$

Aux naissances, Z'_α étant égal à $-P$, on aura :

$$X_\alpha = Q \cos \alpha + P \sin \alpha,$$

$$Z_\alpha = -Q \sin \alpha + P \cos \alpha,$$

$$M_\alpha = L.$$

Les efforts par centimètre carré seront alors (formule 2, page 44) :

$$\left. \begin{aligned} R_0 \text{ à l'intrados} &= \frac{Q}{2e} - \frac{M_0}{\frac{2}{3}e^2} \\ R_0 \text{ à l'extrados} &= \frac{Q}{2e} + \frac{M_0}{\frac{2}{3}e^2} \end{aligned} \right\} R'_0 = \frac{Z_0}{2e},$$

$$\left. \begin{aligned} R_\alpha \text{ à l'intrados} &= \frac{X_\alpha}{2e'} - \frac{L}{\frac{2}{3}e'^2} \\ R_\alpha \text{ à l'extrados} &= \frac{X_\alpha}{2e'} + \frac{L}{\frac{2}{3}e'^2} \end{aligned} \right\} R'_\alpha = \frac{Z_\alpha}{2e'}.$$

Enfin les points d'application de la résultante des actions élémentaires exercées sur les joints de la clef et des naissances, points par lesquels passe la courbe des pressions, seront donnés par les égalités suivantes :

$$z_0 = -\frac{M_0}{Q},$$

$$z_\alpha = -\frac{L}{X_\alpha}.$$

20. *Application.* — Appliquons ces formules à une voûte en maçonnerie de 152 mètres d'ouverture et de 12^m,30 de flèche. $2l = 152$ $f = 12^m,30$.

Prenons $e = 1^m,60$ et $e' = 2^m,00$.

L'accroissement $d\alpha$ qui annule le premier membre sera, d'ailleurs, donné par l'équation $f\alpha + f'\alpha d\alpha = 0$. α étant égal à $16^\circ 54'$. $f'\alpha$ dérivée de $f\alpha$ est égal à $\frac{nl}{2 \cos^2 \frac{\alpha}{2}} + e \sin \alpha$.

Il n'y a plus qu'à calculer numériquement ces expressions de $f\alpha$ et de $f'\alpha$.

$$f\alpha = -0,00322, \quad f'\alpha = 1,8957,$$

d'où
$$d\alpha = -0,001697 \quad \text{ou} \quad 5'50''.$$

Ainsi l'angle α corrigé est $16^\circ 48' 10''$ et par suite $e' = 2,067$. Le temps que nous avons ainsi employé à simplifier la valeur de n sera largement compensé par la rapidité qui en résultera pour le calcul de Q et de L . On trouve pour la valeur du rayon

$$r = \frac{l}{\sin \alpha} + e' = 260 \text{ mèt.}$$

21. *Calcul des valeurs de a et b qui entrent dans la formule*

$$dZ' = (a + b \cos \omega) d\omega.$$

La surcharge de notre voûte est équivalente à une hauteur de maçonnerie sur l'extrados de $0^m,30$ à la clef et de 2 mètres aux naissances. La hauteur totale de maçonnerie, y compris la voûte, est donc de $2^m,30$ à la clef et de $6^m,134$ aux naissances. Il faut donc faire

$$a + b = 2.300 \times 2.000^k \times r,$$

et

$$a + b \cos \alpha = 6.134 \times 2.000^k \times r,$$

d'où

$$a = 49.312.000 \text{ kilog.},$$

$$b = -48.079.200 \text{ kilog.}$$

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

$$= 0,05245278$$

$$= 0,00234830$$

$$= 0,00002599$$

$$= 0,05482707$$

$$1,9810505$$

$$1,9575052$$

$$1,0416948$$

$$1,0826948$$

$$1,1653896$$

$$x = \bar{h}, 7464839$$

$$z = \bar{a}, 4370164$$

$$\bar{a}, 3094675$$

$$= 0,02039236$$

$$443471$$

$$5369964$$

$$2373567$$

$$.6364749$$

$$4108280$$

$$.0002575302$$

$$a_0 - \frac{a_1}{2} \Big) n^2 + \frac{a_0}{2} n^2$$

$$\frac{+ 2 - 2 \cos \alpha}{- 1 \cos \alpha)^2}$$

$$0,005098872$$

$$0,000113947$$

$$0,000001039$$

$$0,003213858$$

$$\log$$

$$\log$$

$$\frac{(n+2-}{2n-}$$

$$lc$$

$$\log |$$

$$\log \frac{1}{2} \delta_1 = \bar{h}, 2958511$$

$$\log (-b) = 7,6819571$$

$$\log \left(-\frac{1}{2} b \delta_1 \right) = 3,9778094$$

$$\frac{1}{2} b \delta_1 = -9501,876$$

$$a(\delta_0 + \delta_1) - \frac{1}{2} b \delta_1 = -295,1$$

$$\frac{2\zeta}{3n^2} \cdot \frac{e^2}{r^2}$$

$$\frac{e^2}{r^2} = \frac{1}{(268)^2} = 0,0000159$$

$$\frac{2}{3n^2} \cdot \frac{e^2}{r^2} = 0,0058$$

$$\zeta = -2a(\varphi_1 - \varphi_2) - b(\varphi_1 -$$

$$\varphi_1 = (1+n)\varphi_0 - \frac{1}{2} \alpha(2n+1)$$

$$\varphi_0 = a_0(2n^2 + n^2)^2$$

$$a(\delta_1 + \delta_2) - \frac{\delta \delta_1}{2} + \frac{2\zeta}{3n^2} \frac{e^2}{r^2} = -302,078$$

$$Q = -\frac{302,078}{0,0002158}$$

$$\log 302,078 = 2,48012$$

$$\log 0,0002158 = \bar{4}.33405$$

$$\log (-Q) = 6,14607$$

$$Q = -1399800^2$$

la valeur de Q , on pouvait en obtenir l'une inférieure, l'autre supérieure: l'arc moyen, CD et EF les demi-arcados, KL l'arc limitant la surcharge, la moitié de la construction. l'arc dirigé suivant GP est égal à P et son angle la verticale à la clef égal à $M'a$ est

$$-\cos \alpha) + \frac{b}{2}(1 - \cos^2 \alpha).$$

lication dans la section à la clef de
élémentaires qui se produisent dans
section, N le point analogue dans
s, ce sont deux points de la courbe
voûte et sa surcharge sont en équi-
force GP et des deux résultantes en
des moments de la force GP et de
par rapport au point M, doit être
et de la force GP est M_x ; celui de la
à $Pp - Qq$, p et q étant les projec-
icale de la droite MN. Le sens positif
é sur la figure par la flèche ab . On a

donc l'équation :

$$Q = \frac{M'_a + Pp}{q}.$$

d'oub

23. *Calcul de L.* — Avant de calculer L, nous allons en chercher deux limites par une méthode analogue à la précédente. Les forces P et Q appliquées au point N (fig. 18) étant transportées au centre B de la section donnent naissance au couple L, en sorte que la demi-construction est en équilibre sous l'action de la force PG de la résultante au point M, des forces P et Q appliquées au point B et du couple L. La somme des moments prise par rapport à un point quelconque est zéro.

Prenons le point M et nous aurons :

$$M'_\alpha + L + Pp_1 - Qq_1 = 0;$$

p_1 et q_1 étant les bras de levier de P et Q, c'est-à-dire les projections verticale et horizontale de la droite MB. On tire de cette équation :

$$L = Qq_1 - Pp_1 - M'_\alpha = Qq_1 - P(p_1 - g).$$

Ici le point B est fixe et p_1 est constant. Le point M peut se déplacer entre E et C et q_1 , varier depuis la différence de niveau de B et C jusqu'à celle de B et E. La première est $q' = f - e' \cos \alpha$, et l'autre $q'' = f - e' \cos \alpha + 2e$.

Les limites L' et L'' de L seront donc :

$L' = Qq' - P(p_1 - g)$	$Qq' = -1442000$
$p_1 = 76$	$L' = +2530000^{kg}$
$p_1 - g = 30,10$	$L'' = Qq'' - P(p_1 - g)$
$P(p_1 - g) = -16950000$	$q'' = 12,32$
$q' = 10,32$	$Qq'' = 17240000$
	$L'' = -290000^{kg}$

Ainsi le moment du couple L est compris entre -290.000 kilogrammes et +2.530.000 kilogrammes.

7 DOCUMENTS.

1 de L.

$$\frac{F_2}{G_2} = 1$$

10

k

$\log (-$

k

1.

$\log \{-$

$+Q$

$$\Sigma_g = P \sin$$

— 3 —

log

comp¹

+

L

Nous avo

L' = 253

La demi-quantités e

La valeur
périure à
L' et L".

ou tensions aux naissances.

$$R_0 \text{ à l'intrados} = \frac{X_\alpha}{2e'} - \frac{L}{\frac{2}{3}e'^2}.$$

$$2e' = 4,134 \quad \frac{2}{3}e'^2 = 2,85$$

$$\frac{X_\alpha}{2e'} = -363000$$

$$\frac{L}{\frac{2}{3}e'^2} = +62,2000$$

Intrados = 98^k,5 de pression par centimètre carré.

Intrados = + 25^k,9 de tension par centimètre carré.

Distance de la courbe des pressions au

$$\text{centre de la section} = -\frac{L}{X_\alpha}$$

$$Z_\alpha = +1,18.$$

Calculs pour la clef

$$R_0 = \frac{Q}{2e} - \frac{M_0}{\frac{2}{3}e^2}.$$

$$M_0 = L + r(X_\alpha - Q) + M'_\alpha.$$

$$X_\alpha - Q = -102900$$

$$r(X_\alpha - Q) = -27577200$$

$$M'_\alpha = +25849900$$

$$r(X_\alpha - Q) + M'_\alpha = -1727300$$

$$M_0 = +46300$$

$$2e = 2,00 \quad \frac{2}{3}e^2 = \frac{2}{3}$$

$$\frac{Q}{2e} = -69,9900.$$

$$\frac{M_0}{\frac{2}{3}e^2} = +6^k,9450.$$

$$R_0 \text{ à l'intrados} = -76^k,93 \text{ pression}$$

$$R_0 \text{ à l'extrados} = -65^k,05 \text{ pression}$$

$$Z_0 = -\frac{M_0}{Q} = +0,0351.$$

La courbe des pressions passe dans la section à la clef à 0^m,053 au-dessous du centre de la section.

Calcul de quelques valeurs intermédiaires de z et R. — z est la distance de la courbe des pressions à l'arc moyen et R la pression ou tension en un point quelconque.

Les calculs suivants n'exigent pas une grande approximation. On les effectuera sans logarithmes.

$$z = -\frac{M}{X},$$

$$M = L + M'_\alpha - M'_\omega + r(X_\alpha - X)$$

$$X = Q \cos \omega - Z' \sin \omega.$$

$$Z' = a\omega + b \sin \omega,$$

$$M'_\omega = r \left[a(1 - \cos \omega) + \frac{b}{2}(1 - \cos^2 \omega) \right].$$

Effectuons les calculs pour les valeurs suivantes de ω :

$$\omega_1 = 3^\circ \quad \omega_2 = 6^\circ \quad \omega_3 = 9^\circ \quad \omega_4 = 12^\circ \\ \text{et } \omega_5 = 15^\circ.$$

Calcul de Z' .

$\omega_1 = 0,05236$	$\sin \omega_1 = 0,05234$	Diff.	0,00002
$\omega_2 = 0,10472$	$\sin \omega_2 = 0,10453$		0,00019
$\omega_3 = 0,15708$	$\sin \omega_3 = 0,15643$		0,00065
$\omega_4 = 0,20945$	$\sin \omega_4 = 0,20791$		0,00153
$\omega_5 = 0,26180$	$\sin \omega_5 = 0,25882$		0,00298

$$a = 49312000$$

$$b = -46079200$$

$$a + b = 1232800$$

$$Z' = (a + b)\omega - b(\omega - \sin \omega)$$

	$(a + b)\omega$	$-b(\omega - \sin \omega)$	Z'
1	64549	961	65510
2	129090	9135	139194
3	193500	51251	224751
4	258300	73561	331861
5	323200	143200	466400

Calcul de M'_ω .

	$1 - \cos \omega$	$\frac{1 - \cos 2\omega}{4}$	Différence.
1	0,001371	0,00137	0,000001
2	0,00548	0,00546	0,00002
3	0,01231	0,01223	0,00008
4	0,02185	0,02161	0,00024
5	0,03407	0,03349	0,00058

$$\frac{1}{r} M'_\omega = (a + b)(1 - \cos \omega) - b \times \text{diff.}$$

	$(a + b)(1 - \cos \omega)$	$-b \times \text{diff.}$	$\frac{1}{r} M'_\omega$
1	1690	48	1758
2	6760	960	7720
3	15160	5846	19006
4	26950	11538	38488
5	42000	27850	69850

M'_ω	$M'_\alpha - M'_\omega$
466000	25384000
2070000	23780000
5100000	20750000
10520000	15530000
18700000	2150000

Calcul de X.

$$X = Q \cos \omega - Z' \sin \omega$$

$$Z' \sin \omega = -Q(1 - \cos \omega)$$

$$5440 \quad 1920$$

$$14460 \quad 7680$$

$$35150 \quad 17230$$

$$68960 \quad 30600$$

$$120600 \quad 47700$$

$$+Q(1 - \cos \omega) + Z' \sin \omega$$

$$1520$$

$$6780$$

$$17920$$

$$38360$$

$$72900$$

$$X = X_2 - Q + Q(1 - \cos \omega) + Z' \sin \omega$$

$$X_2 - Q = -102900$$

$$-(X_2 - X) = -r(X_2 - X)$$

$$101380 \quad 27180000$$

$$96120 \quad 25750000$$

$$84980 \quad 22780000$$

$$64540 \quad 17290000$$

$$50000 \quad 8040000$$

$$-M_\omega + r(X_2 - X) \quad M$$

$$L - M$$

$$1796000 \quad M_1 = -22000$$

$$1970000 \quad M_2 = -196000$$

$$2050000 \quad M_3 = -256000$$

$$1760000 \quad M_4 = -14000$$

$$890000 \quad M_5 = -884000$$

$$(-X)$$

$$z = -\frac{M}{X}$$

$$1 \quad 1401380 \quad -0,016$$

$$2 \quad 1406580 \quad -0,140$$

$$3 \quad 1417720 \quad -0,181$$

$$4 \quad 1438160 \quad +0,010$$

$$5 \quad 1472700 \quad +0,600$$

$$E = e \left(1 + \frac{1 - \cos \omega}{n} \right)$$

$$2\varepsilon$$

$$\frac{2}{3} \varepsilon^2$$

$$1 \quad 2,068 \quad 0,71$$

$$2 \quad 2,274 \quad 0,86$$

$$3 \quad 2,616 \quad 1,24$$

$$4 \quad 3,092 \quad 1,59$$

$$5 \quad 3,704 \quad 2,28$$

$$-\frac{X}{2\varepsilon}$$

$$\frac{M}{\frac{2}{3} \varepsilon^2}$$

$$1 \quad 67,5000^k \quad -31000$$

$$2 \quad 61,8000 \quad -227800$$

$$3 \quad 55,2000 \quad -206600$$

$$4 \quad 46,5000 \quad +8800$$

$$5 \quad 39,8000 \quad +388000$$

$$\text{Valeurs de } R = \frac{X}{2\varepsilon} \mp \frac{M}{\frac{2}{3} \varepsilon^2} \text{ le signe su-}$$

périeur pour l'intrados.

Calcul de Z' .

$\omega_1 = 0,05236$	$\sin \omega_1 = 0,05254$	Diff.	0,00002
$\omega_2 = 0,10472$	$\sin \omega_2 = 0,10453$		0,00019
$\omega_3 = 0,15708$	$\sin \omega_3 = 0,15643$		0,00065
$\omega_4 = 0,20945$	$\sin \omega_4 = 0,20791$		0,00153
$\omega_5 = 0,26180$	$\sin \omega_5 = 0,25882$		0,00298

$$a = 49312000$$

$$b = -48079200$$

$$a + b = 1232800$$

$$Z' = (a + b)\omega - b(\omega - \sin \omega)$$

	$(a + b)\omega$	$-b(\omega - \sin \omega)$	Z'
1	64549	961	65510
2	129000	9135	139194
3	193500	31251	224751
4	258300	75561	331861
5	323200	145200	466400

Calcul de M'_ω .

	$1 - \cos \omega$	$\frac{1 - \cos 2\omega}{4}$	Différence.
1	0,001371	0,00137	0,000001
2	0,00548	0,00546	0,00002
3	0,01231	0,01225	0,00008
4	0,02185	0,02161	0,00024
5	0,03407	0,03349	0,00058

$$\frac{1}{r} M'_\omega = (a + b)(1 - \cos \omega) - b \times \text{diff.}$$

	$(a + b)(1 - \cos \omega)$	$-b \times \text{diff.}$	$\frac{1}{r} M'_\omega$
1	1690	48	1758
2	6760	960	7720
3	15160	3846	19006
4	26950	11538	38488
5	42000	27850	69850

1795000
1870000
2050000
1760000
890000

$M_1 = - 22000$
 $M_2 = - 196000$
 $M_3 = - 256000$
 $M_4 = - 14000$
 $M_5 = - 884000$

0 59,5000

+ 558000

Valeurs de $R = \frac{X}{2t} \mp \frac{M}{\frac{2}{3} t^2}$ le signe \mp

prieur pour l'intrados.

RES ET DOCUM

ait connaître l

é, c'est-à-dire

ns ce tableau
d'être calculé

VALEURS DE R EN
par centimètre

l'extrados.	
- 76,93	
- 61,4	
- 50,0	
- 35,2	
- 17,4	
- 78,6	
- 98,05	

l'on ait noyé des an
les vers l'extrados
ssera de paraître a
ront jamais entières

'écrasant que
centimètre carr
écédentes pré
pposons que

Le poids par
kilogrammes
1.000 kilogr
par mètre

de R de $\frac{6.0}{44.2}$

est de 98,05
e que 111^k,4
écrasement po
accidentelles

serait écono

construction remarquable. Nous en joignons un dessin au présent mémoire (*fig. 20*). La dépense serait d'environ 120.000 francs. Il pourrait remplacer le pont de Portet, sur le chemin d'intérêt commun, n° 8, qui a été établi au confluent de l'Ariège et de la Garonne, et qui a été détruit par la crue d'août 1872. Ce pont, construit dans les conditions les plus économiques, avait coûté 180.000 francs environ. Celui qui est projeté près de Grenade sur la Garonne, est estimé 373.800 francs; son ouverture est de 137 mètres.

Quand le moment sera venu, nous n'hésiterons pas à proposer aux autorités compétentes la construction du pont dont la stabilité fait l'objet des calculs précédents.

Dans les voûtes formées par des arcs semblables à celui de la voûte dont nous venons de nous occuper, la résistance croît proportionnellement à l'épaisseur de la voûte. Si l'on fait croître cette épaisseur proportionnellement à la corde, le poids de la construction croît comme le carré, tandis que la résistance croît simplement comme la première puissance de la corde. Il est donc impossible de dépasser de beaucoup dans la construction des voûtes en maçonnerie l'ouverture de celle que nous venons d'étudier. Mais si l'on remplace la pierre par le métal, il sera possible de construire des ponts avec des arcs d'une beaucoup plus grande ouverture.

De pareils arcs reposant sur des fondations tubulaires, pourraient servir à la construction d'un pont sur la Manche.

Un arc en brique d'une épaisseur uniforme de 0^m,14 présentant une ouverture de 20 mètres et une flèche de 2 mètres, supporterait sous son propre poids une pression maxima de 12 kilogrammes seulement par centimètre carré. Cet arc cuberait 1^m³,21 sur une largeur de 0^m,42 (0^m,14 et 0^m,42 sont les dimensions en usage pour certaines briques du pays). On se livrerait à une expérience intéressante et peu coûteuse en construisant un pareil arc.

Ces tables sont calculées de degré en degré, depuis l'angle de 10° jusqu'à l'angle de 60° . Le premier angle correspond à un arc dans lequel le rapport de la flèche à l'arc est de $0^m,0437$ et l'angle de 60° répond à peu près à une voûte en plein cintre, car dans une pareille voûte, les parties situées au delà de l'angle de 60° peuvent être considérées comme faisant corps avec les piles ou les culées.

Nous rappelons dans le tableau récapitulatif suivant la signification des lettres dont les valeurs sont données par les tables :

$\int_{-1}^1 \cos \omega d\omega = 2\alpha$	$\Delta = \rho_0 - \rho_1$
$\int_{-1}^1 \cos \omega d\omega = 2 \sin \alpha$	$\Delta' = \rho_0 - \rho_1 - (\rho_1 - \rho_2)$
$\int_{-1}^1 \cos^2 \omega d\omega = \alpha + \sin \alpha \cos \alpha$	$\Delta'' = \rho_0 - \rho_1 - 2(\rho_1 - \rho_2) + \rho_2 - \rho_3$
$\int_{-1}^1 \cos^3 \omega d\omega = \frac{2}{3} \sin \alpha (\cos^2 \alpha + 2)$	$\Delta_1 = 2\Delta - \rho_3$
	$\Delta_2 = 2\Delta' - (\rho_3 - \rho_6)$
$\int_{-1}^1 \omega \sin \omega d\omega = 2(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha)$	$\delta = \Delta' - \frac{\Delta^2}{\rho_0}$
$\int_{-1}^1 \omega \sin \omega \cos \omega d\omega = \frac{1}{4} (\sin 2\alpha - 2\alpha \cos 2\alpha)$	$\delta' = \Delta_2 - \Delta_1 \frac{\Delta}{\rho_0}$
	$\delta'' = \Delta'' - \Delta' \frac{\Delta}{\rho_0}$

Les nombres qui précèdent entrent dans les expressions de Q et L de la manière suivante :

$$Q = \frac{-(a+b)\delta + a\delta' + \frac{b}{2}\delta'' - \frac{2}{3}[a\rho_3 + b(\rho_1 - \rho_2)]\frac{e^2}{r^2}}{\delta + \left(\rho_0 - \frac{2}{3}\rho_2\right)\frac{e^2}{r^2}},$$

$$\frac{1}{r}L = -P \sin \alpha + Q \left(1 - \cos \alpha - \frac{\Delta}{\rho_0}\right) - \frac{1}{r}M'_\alpha - \frac{a(\Delta - \Delta_1) + b\left(\Delta - \frac{1}{2}\Delta'\right)}{\rho_0}.$$

THÉORIE DE LA STABILITÉ DES VOUTES.

TABLES NUMÉRIQUES

Pour les voûtes d'épaisseur constante, précédées d'une instruction qui peut dispenser de recourir à la lecture du mémoire.

INSTRUCTION POUR L'USAGE DES TABLES.

Soit ABCD (fig. 15) la coupe de la demi-voûte, O le centre des arcs d'intrados, d'extrados et de l'arc moyen. Tracez un arc EF dont le centre soit sur la verticale OA, et tel que la surface DCEF soit équivalente à la surface DCEI, cette dernière étant supposée représenter le poids de la construction qui surmonte la voûte y compris les parapets. Représentez par E la longueur AE, par E' la longueur BF, par e la demi-épaisseur constante AH, par α l'angle AOB, r le rayon de l'arc moyen OH, par p le poids du mètre cube de maçonnerie. Calculez les deux quantités a et b données par les formules :

$$a = \left(E + \frac{E' - E}{1 - \cos \alpha} \right) pr, \quad b = \frac{E' - E}{1 - \cos \alpha} pr.$$

P réaction verticale de la culée ou pile sur la section de naissance BC sera donnée par la formule :

$$P = -(a\alpha + b \sin \alpha) = -(a + b)\alpha + b(\alpha - \sin \alpha).$$

C'est le poids de la demi-voûte et de sa surcharge.

Le signe moins qui l'accompagne exprime qu'il s'agit d'une force dirigée de bas en haut ou de + z vers - z. La première partie des tables suivantes fait connaître les

MÉMOIRES ET DOC

$\alpha - \sin \alpha$ jusqu'à
même culée sera d

$$\frac{b)\delta + a\delta' + \frac{1}{2} b\delta'' -}{\delta + \left(\rho_0 - \frac{2}{3}\right)}$$

1 étant dirigée de
cette formule cond
tables suivantes fo
r tous les degrés d
des deux réactio
e la section EC. R
nt au centre R de l
+ pour les points
soit m ce point pa

le la résultante de
a section étant des

$$\sin \alpha + Q \left(1 - \cos \alpha \right. \\ \left. + \frac{a\Delta_1 + \frac{1}{2} b\Delta'}{\rho_0} - \right.$$

mité a le signe +
sens de la flèche 1
et de sa charge pa
onné par l'équatio.

$$= r[a(1 - \cos \alpha)] +$$

$$)(1 - \cos \alpha) - b(1 - \cos \alpha - \left(\frac{1 - \cos^2 \alpha}{2}\right))].$$

Cette quantité a toujours le signe $+$, elle est égale à la valeur numérique de P multipliée par la distance du centre de gravité G de la demi-voute et de sa charge à la verticale OAK .

Les tables donnent les valeurs de Δ , Δ_1 et Δ' qui entrent dans l'expression de L , ainsi que celles de $1 - \cos \alpha$

et $1 - \cos \alpha - \frac{1 - \cos^2 \alpha}{2}$, qui servent à calculer $M'\alpha$.

La valeur de z_α est donnée par la formule :

$$z_\alpha = - \frac{L}{X_\alpha},$$

dans laquelle $X_\alpha = P \sin \alpha + Q \cos \alpha$, et représente la composante normale à la section BC de la résultante des réactions de la culée. C'est une quantité négative, et si L est positif, z_α est positif et la courbe des pressions passe au-dessous du centre H . La résultante normale X_α étant connue ainsi que la valeur L du moment M_α , dans la section des naissances la pression normale R par unité de surface en un point de la section BC situé à la distance v du centre H est donnée par l'équation :

$$R = \frac{X_\alpha}{2e} - \frac{Lv}{\frac{2}{3}e^3}.$$

En faisant dans cette formule $v = +e$, on aura la pression à l'intrados; en y faisant $v = -e$, on aura la pression à l'extrados.

La résultante normale X dans une section quelconque MS faisant avec la verticale l'angle ω est donnée par la formule :

$$X = Q \cos \omega - Z' \sin \omega,$$

dans laquelle Z' représente le poids de la partie de la con-

Les deux positions extrêmes de la courbe des pressions, l'une passant par D et B, et l'autre par A et C.

Les formules qui nous ont servi pour le calcul des tables, sont les suivantes (n° 25 du mémoire) :

$$\Delta = \rho_0 - \rho_1$$

$$\Delta' = \rho_0 - \rho_1 - (\rho_1 - \rho_2)$$

$$\Delta'' = \rho_0 - \rho_1 - 2(\rho_1 - \rho_2) + \rho_2 - \rho_3 \quad \delta = \Delta' - \Delta \frac{\Delta}{\rho_0}$$

$$\delta' = \Delta_2 - \Delta_1 \frac{\Delta}{\rho_0}$$

$$\delta'' = \Delta - \Delta \frac{\Delta}{\rho_0}$$

$$\Delta_1 = 2\Delta - \rho_3$$

$$\Delta_2 = 2\Delta' - (\rho_3 - \rho_6)$$

Les nombres ρ_0, ρ_1 , etc., se calculent à l'aide des tables de Callet, les nombres $\delta, \delta', \delta''$, au moyen du développement en série, suivant les puissances croissantes de l'arc α jusqu'à l'angle de 50° . Il suffit des trois premiers termes pour δ et des deux premiers pour δ', δ'' ; les développements ainsi limités sont :

$$\delta = \frac{2}{3^2 \cdot 5} \alpha^5 - \frac{2}{3^2 \cdot 5 \cdot 7} \alpha^7 + \frac{2 \cdot 37}{2^5 \cdot 3^3 \cdot 5^2 \cdot 7} \alpha^9 - \text{etc.}$$

$$\delta' = \frac{2}{3^2 \cdot 5 \cdot 7} \alpha^7 - \frac{4}{3^3 \cdot 5^2 \cdot 7} \alpha^9 + \text{etc.}$$

$$\frac{1}{2} \delta'' = \frac{1}{3 \cdot 5 \cdot 7} \alpha^7 - \frac{15}{2^3 \cdot 3^2 \cdot 5^2 \cdot 7} \alpha^9 + \text{etc.}$$

Degrés.	α	$\alpha - \sin \alpha$	$1 - \cos \alpha$	$1 - \cos \alpha - \frac{1 - \cos^3 \alpha}{2}$
1	0,01745	0,00000069	0,0001528	0,000000011
2	0,03491	0,00000709	0,0006090	0,000000186
3	0,05236	0,00002390	0,0013710	0,000000940
4	0,06981	0,00005670	0,0024400	0,000002970
5	0,08727	0,00011070	0,0038100	0,000007200
6	0,10472	0,00019130	0,00548	0,0000150
7	0,12217	0,00030400	0,00745	0,0000279
8	0,13963	0,00045300	0,00973	0,0000475
9	0,15708	0,00064500	0,01231	0,0000761
10	0,17453	0,00088500	0,01519	0,0001160
11	0,19199	0,00118	0,01837	0,00017
12	0,20944	0,00153	0,02185	0,00024
13	0,22689	0,00194	0,02563	0,00033
14	0,24435	0,00242	0,02970	0,00044
15	0,26180	0,00298	0,03407	0,00058
16	0,27925	0,00362	0,03874	0,00075
17	0,29671	0,00433	0,04370	0,00096
18	0,31416	0,00514	0,04894	0,00120
19	0,33161	0,00604	0,05448	0,00148
20	0,34907	0,00705	0,06031	0,00182
21	0,36552	0,00815	0,06642	0,00221
22	0,38397	0,00937	0,07282	0,00266
23	0,40143	0,01069	0,07950	0,00317
24	0,41888	0,01214	0,08645	0,00373
25	0,43633	0,01371	0,09369	0,00439
26	0,45379	0,01541	0,10121	0,00513
27	0,47124	0,01725	0,10899	0,00594
28	0,48869	0,01922	0,11705	0,00685
29	0,50613	0,02134	0,12538	0,00786
30	0,52360	0,02353	0,13397	0,00897
31	0,54105	0,02580	0,14283	0,01020
32	0,55851	0,0286	0,15195	0,01154
33	0,57596	0,0313	0,16133	0,01302
34	0,59341	0,0342	0,17096	0,01461
35	0,61087	0,0373	0,18085	0,01636
36	0,62832	0,0405	0,19098	0,01824
37	0,64577	0,0440	0,20136	0,02027
38	0,66323	0,0476	0,21199	0,02247
39	0,68068	0,0514	0,22285	0,02483
40	0,69814	0,0553	0,23396	0,02738
41	0,71558	0,0596	0,24529	0,03008
42	0,73304	0,0639	0,25686	0,03299
43	0,75049	0,0685	0,26865	0,03600
44	0,76794	0,0733	0,28066	0,03939
45	0,78540	0,0783	0,29289	0,04289
46	0,80285	0,0835	0,30534	0,04662
47	0,82030	0,0890	0,31800	0,05056
48	0,83776	0,0946	0,33087	0,05474
49	0,85521	0,1005	0,34394	0,05915
50	0,87266	0,1066	0,35721	0,06380
51	0,89012	0,1130	0,37068	0,06870
52	0,90757	0,1196	0,38434	0,07386
53	0,92502	0,1264	0,39819	0,07928
54	0,94248	0,1335	0,41221	0,08496
55	0,95993	0,1408	0,42642	0,09092
56	0,97738	0,1484	0,44081	0,09716
57	0,99484	0,1562	0,45536	0,1037
58	1,01229	0,1643	0,47008	0,1105
59	1,02974	0,1726	0,48496	0,1176
60	1,04720	0,1812	0,50000	0,1250

700	0,0041800	0,005250	0,510	0,253	0,940	0,1416	0,01205	0,04775
690	0,0041800	0,005250	0,537	0,266	0,967	0,1470	0,01366	0,04902
680	0,0047200	0,006680	0,565	0,280	0,994	0,1518	0,01490	0,05037
670	0,0053900	0,007450	0,594	0,293	1,022	0,1570	0,01550	0,05180
660	0,0059700	0,008300	0,623	0,307	1,050	0,1625	0,01660	0,05325
650	0,0067000	0,009300	0,654	0,320	1,079	0,1676	0,01770	0,05480
640	0,0075000	0,010300	0,685	0,333	1,108	0,1730	0,01890	0,05640

Exemple de l'application des tables.

— Dans le pont projeté sur la Garonne, près de Grenade, chef-lieu de canton de l'arrondissement de Toulouse, les arches ont 25 mètres d'ouverture et 4^m,20 de flèche. Les autres données sont les suivantes :

$$E = 1^m,71 \quad E' = 5^m,13$$

$$e = 0^m,605 \quad \alpha = 37^\circ 9' \quad r = 20^m,70$$

Calcul de a et b.

$$a = \left(E + \frac{E' - E}{1 - \cos \alpha} \right) pr = 768800$$

$$b = \left(\frac{E' - E}{1 - \cos \alpha} \right) pr = -69$$

$$a + b = 7$$

Calcul de P.

$$P = -(a\alpha + b \sin \alpha) = -(a + b)\alpha + b\alpha$$

$\alpha,$	
pour 37°	0,64577
pour $9'$	262

$\alpha - \sin \alpha$	
pour 37°	
pour $9'$	

$$\alpha = 0,64339$$

$$\alpha - \sin \alpha =$$

$$(a + b)\alpha = 45906 \quad b(\alpha - \sin \alpha) =$$

$$P = -76967^k$$

Calcul de Q.

$$Q = \frac{-(a + b)\delta + a\delta' + \frac{1}{2} b\delta'' - \frac{2}{3} [a\rho_0 + b(\rho_1 - \rho_2)] \frac{e^2}{r^2}}{\delta + \left(\rho_0 - \frac{2}{3} \rho_2 \right) \frac{e^2}{r^2}}$$

δ	
pour 37°	0,004702
pour $9'$	95

$$\delta = 0,004797$$

$$(a + b)\delta = 359,63.$$

$$e = 0,605 \quad r = 20,70 \quad \frac{e^2}{r^2} = 0$$

$$\frac{2}{3} [a\rho_0 + b(\rho_1 - \rho_2)] \frac{e^2}{r^2} = 17$$

$$\text{Numérateur de } Q = -427$$

$$\rho_0 - \frac{2}{3} \rho_2$$

$$\text{pour } 37^\circ \dots \dots 0,541$$

$$\text{pour } 9' \dots \dots 3$$

$$\rho_0 - \frac{2}{3} \rho_2 = \dots 0,544$$

$$\left(\rho_0 - \frac{2}{3} \rho_2 \right) \frac{e^2}{r^2} = 0,0004$$

$$\text{Dénominateur de } Q = 0,005$$

$$Q = -81200^k$$

δ'	$\frac{1}{2} \delta''$
pour 37° 0,0002807	pour 37° 0,000406
pour $9'$ 85	pour $9'$ 12
$\delta' = 0,0002892$	$\frac{1}{2} \delta'' = 0,000418$
$a\delta' = 222,18$	$\frac{1}{2} b\delta = -291,76$
ρ_0	$\rho_1 - \rho_2$
pour 37° 0,172	pour 37° 0,145
pour $9'$ 2	pour $9'$ 2
$\rho_0 = 0,174$	$\rho_1 - \rho_2 = 1,047$
$a\rho_0 = 134000$	$b(\rho_1 - \rho_2) = 10250$

Calcul de L.

$$-P \sin \alpha + Q \left(1 - \cos \alpha - \frac{\Delta}{\rho_0} \right) - \frac{1}{r} M'_\alpha$$

$$-(a+b) \frac{\Delta}{\rho_0} + a \frac{\Delta_1}{\rho_0} + \frac{1}{2} b \frac{\Delta'}{\rho_0}.$$

$$\frac{1}{r} M'_\alpha = (a+b)(1 - \cos \alpha) -$$

$$- b \left(1 - \cos \alpha - \frac{1 - \cos^2 \alpha}{2} \right).$$

$$1 - \cos \alpha$$

$$1 - \cos \alpha - \frac{1 - \cos^2 \alpha}{2}$$

..... 0,20136

..... 159

pour 37°. 0,02027

pour 9'. 33

$\alpha =$ 0,20295

$(a+b)(1 - \cos \alpha) = 14369$

$$1 - \cos \alpha - \frac{1 - \cos^2 \alpha}{2} = \dots 0,02060$$

$$b \left(1 - \cos \alpha - \frac{1 - \cos^2 \alpha}{2} \right) = - 14379$$

$$\frac{1}{r} M'_\alpha = 28700.$$

$$\sin \alpha = 0,60389$$

$$P \sin \alpha = - 46500$$

$$\frac{1}{2} b \frac{\Delta'}{\rho_0} = - 3309,6$$

$\frac{\Delta}{\rho_0}$	$\frac{\Delta_1}{\rho_0}$
37° .. 0,0680	pour 37° .. 0,00280
9' .. 6	pour 9' .. 5

$$\frac{1}{r} L = + 924,4 \quad L = 19135^{\text{kgm}}.$$

..... 0,0686

$\frac{\Delta_1}{\rho_0} = \dots 0,00285$

Naissances.

Calcul de z_α .

Distance de la courbe des pressions à l'arc moyen aux naissances :

$$\frac{1}{2} \frac{\Delta'}{\rho_0}$$

pour 37° 0,00413

pour 9' 7

$$z_\alpha = - \frac{L}{X_\alpha}$$

$$\frac{1}{2} \frac{\Delta'}{\rho_0} = \dots 0,00420$$

$$X_\alpha = P \sin \alpha + Q \cos \alpha.$$

$$Q \cos \alpha = - 64725$$

$$X_\alpha = - 111225$$

$$Z_\alpha = + 0,172$$

$$1 - \cos \alpha - \frac{\Delta}{\rho_0} = 0,1343$$

$$\left(1 - \cos \alpha - \frac{\Delta}{\rho_0} \right) = - 10900$$

Calcul de R_α

$$R_\alpha = \frac{X_\alpha}{2e} \mp \frac{L}{\frac{2}{3}e^2}$$

4) $\frac{\Delta}{\rho_0} = 4856,88 \quad a \frac{\Delta_1}{\rho_0} = 2190,9$

(Le signe supérieur est pour l'intrados.)

N° 12

NOTE

SUR

LES GISEMENTS ACTUELS DE GUANO AU PÉROU

par MM. LÉON et ALFRED DURAND-CLAYE, ingénieurs des ponts et chaussées.

Exposé. — Un certain émoi s'est produit dans le monde agricole, il y a deux ou trois ans, à la nouvelle que les gisements de guano étaient épuisés. Menacé dans son crédit, dont ce produit forme la principale garantie, le gouvernement du Pérou a fait faire des études pour constater la richesse des *huaneras* qui lui restent. Nous avons pensé qu'il serait intéressant pour les ingénieurs qui dirigent des services hydrauliques, de connaître les résultats de ce travail.

Origine du guano. — Chacun sait l'origine des gisements de guano, sur la côte du Pérou. Des multitudes innombrables d'oiseaux divers, pélicans, alcatras et autres, désignés ensemble sous le nom de *guanacs*, ont, de tout temps, hanté les îles désertes et les ravins incultes que présentent ces parages. Ils y sont attirés par l'abondance extraordinaire des poissons qui pullulent dans les eaux relativement froides du courant issu du cap Horn (*).

(*) Le nombre extraordinaire d'oiseaux qui peuvent vivre sur un point déterminé n'est, du reste, pas spécial au Pérou; l'un de nous a eu personnellement l'occasion de constater un fait de ce genre, il y a quelques années. Au lever du soleil, sur les bords du lac Fetzara, situé en Algérie entre Philippeville et Bône, il a vu

Les auteurs ont calculé que ces dépôts, par leur effectif malheureusement diminué par la rayante rapidité devant les progrès de la culture créée par leurs déjections, et par les érosions historiques, les immenses dépôts accumulés sur les côtes du Chili et du Pérou, estiment que ces dépôts pourraient suffire pour plusieurs siècles, si les *guanacos* ne les enlevaient à l'homme.

La répartition des gisements. — Les gisements se trouvent en trois zones distinctes : la première, du 6° au 9° degré de latitude, se trouve au sud de la Libertad. Ses principales îles Lobos, Macabi et Guañapal se trouvent entre le 13° et le 14° parallèle, au nord du groupe des îles de Chincha. La seconde, du 19° au 22° degré de latitude, se trouve au nord de Tarapaca. Ses gisements sont ceux de Pabellon de Pica et de Iquique. *Les anciennes exploitations.* — Les Indiens ont toujours connu l'existence de ces dépôts et en ont fait l'usage qu'ils pouvaient en faire. On trouve dans les huaneras, au sud, les traces certaines de l'usage qu'ils en faisaient. Ils cherchaient les meilleures couches de mine de 3 mètres de largeur. Les gisements étaient répartis en lots. Le gouvernement des Incas proposait par les lois les plus sévères, sous peine de mort pour les favoris, l'usage des *guanacos*. L'invasion européenne n'a

les roseaux une colonne d'oiseaux aquatiques qui n'a cessé de voler du sol vers les hautes régions de l'atmosphère pendant plusieurs heures consécutives, montre en main. Voir la carte du Pérou, Pl. 30 de 1875, cahier de décembre.

tation : toute l'activité se tourna vers les mines de métaux précieux. L'usage du guano se perpétua cependant dans quelques contrées, au sud du Pérou, dans les provinces d'Arequipa et de Moquegua, dans la vallée de Chansay et quelques autres du nord.

Introduction du guano en Europe. — C'est l'illustre Humboldt qui, le premier, rapporta en Europe des échantillons de cette matière, qu'il avait vu employer par les paysans péruviens. Vauquelin et Fourcroy en déterminèrent les principes immédiats. L'agriculture européenne n'était guère en état d'apprécier la valeur de ces nouveaux engrais ; mal guidée par une chimie imparfaite, elle en était encore aux systèmes primitifs de la jachère. Ce n'est que vers 1840 que l'exportation du guano prit quelques développements. Le gouvernement du Pérou, comprenant la source de richesse qui s'offrait à lui, chargea, en 1844, M. Francisco de Rivero de l'étude des divers gisements de guano connus à cette époque. Les résultats de ce travail ont donné, pour l'existence du guano, dans la zone du sud, 15.840.000 vares cubiques, du poids moyen de 1.200 livres. C'est à peu près 10 millions de tonnes. Dans la zone du centre, celle des îles de Chincha, il trouvait 36.560.000 vares cubiques, ou environ 23 millions de tonnes (*). Ses recherches n'ont pas porté sur la zone du nord.

Exploitation des îles de Chincha. — Les îles de Chincha, où le guano paraissait de qualité plus constante et plus riche, furent seules exploitées pendant vingt-cinq ans. La vogue en fut immense. La France, de 1850 à 1870, en a importé des quantités croissantes s'élevant jusqu'à 100.000 tonnes par an. L'Angleterre en prit quatre ou cinq fois autant. En 1869, l'exportation pour les États européens et leurs colonies était de 550.000 tonnes. Si l'on y ajoute la

(*) Ces chiffres sont extraits d'un mémoire étendu de M. Bous-singault sur les gisements de guano, où l'on trouvera les détails qui ne peuvent entrer dans le cadre de cette note.

ma

cell

n c

e n

l'ur

tail

n s

ét

, (°

nist

ait

pou

rai

ult,

Nes

..

..

org

ue c

lique

..

..

ent

s l

ent

em

iqu

ger et l'efficacité du guano diminuer
analyse chimique faisait ressortir, en
rent considérable dans sa teneur en

édente.

azote. De 14, elle tombait en moyenne à 10 p. 100, et même au-dessous. C'est que, après avoir épuisé les îles de Chincha, on avait dû attaquer les autres gisements.

On eut d'abord recours à la zone du nord. Il n'existe pas d'études sérieuses sur l'importance des huaneras qu'elle comprend. M. Hutchinson, consul anglais au Callao, l'évaluait à 3 millions de tonnes. Les sites exploités furent principalement les îles Guañape et Macabi, comprises de 7 à 9 degrés de latitude australe, entre le rio Santa et le rio Lequitepeque. Elles avaient été estimées devoir fournir 440.000 tonnes, et, en 1874, on en avait exporté plus du double sans qu'elles fussent épuisées.

Ce guano ne semble pas avoir hérité de la faveur acquise à celui des îles de Chincha. L'amoindrissement et surtout l'irrégularité du titre en azote ont rendu l'agriculteur méfiant à son égard. Il renferme en outre, une plus grande dose d'humidité, qui le rend pâteux et d'une application difficile. On est obligé, pour qu'il devienne friable, d'y ajouter de l'acide sulfurique, du plâtre ou autres sulfates. Le commerce fournit de ces mélanges tout préparés sous le nom de *guano dissous*.

Les ressources de la zone du nord, bien que peu connues, sont évidemment restreintes et ne tarderont pas à s'épuiser. Restent les gisements du sud.

Gisements du sud. — Le gouvernement du Pérou, tant pour s'éclairer que pour donner satisfaction aux agriculteurs et aux capitalistes européens, a ordonné, il y a deux ans, une nouvelle étude des gisements de la province de Tarapaca, signalés en 1844 par M. de Rivero. Dans ces parages, la côte est souvent abrupte, déchiquetée par de nombreuses criques, sauvage et peu habitée. Le terrain est de formation primitive, composé de granite, mica, gneiss, quartz. Dans de nombreux ravins, nommés quebradas, souvent situés sur de hautes falaises, se montrent des gisements de guano qui atteignent en certains points des

es

mé

con

ach

tiq

elq

ent

Leu

ne

it p

ent

tpl

s d

rés,

ssin

. 1

e d

nn

une

ari

ux

nor

..

..

..

.

..

..

..

été

fan

por

ida

.00

Il est à peine utile de faire remarquer que ces mesurages ne peuvent fournir que des indications dépourvues de précision; les ondulations d'un terrain tourmenté, la présence de blocs isolés et de couches d'une dureté exceptionnelle, l'abondance même et l'étendue des dépôts exigeraient pour un cubage exact des opérations aussi longues que l'exploitation elle-même. Mais dans leur imperfection obligée, ces premières recherches donnent une idée de l'importance des dépôts encore disponibles.

Quant à la qualité de leurs produits, il serait prématuré en fixer la valeur précise. Les échantillons examinés jusqu'ici ont souvent été empruntés à la surface des bancs, dans une partie accessible aux intempéries, où le guano a pu être plus ou moins altéré.

Il nous a paru intéressant toutefois de résumer dans le tableau ci-dessous les indications que nous avons pu recueillir à diverses sources sur la composition d'échantillons pris dans les divers gisements:

LIEUX.	AZOTE					ACIDE phosphorique soluble.		Phosphate de chaux insoluble d'après M. Raimondi.	Sels alcalins d'après M. Raimondi.	Eau d'après MM. Raimondi, Manning et Voelker.
	dosé à l'état d'azote.		calculé en ammoniacque.		à l'état d'acide azotique d'après M. Voelker.	D'après M. Manning.	D'après M. Raimondi.			
	D'après M. Voelker.	D'après M. Maret.	D'après M. Manning.	D'après M. Raimondi.						
.....	"	7,35	9,83	7 à 11	"	8,73	1 à 11	27 à 32	11 à 19	5 à 13
.....	7 à 10	8,72	11,42	3 à 11	0,3 à 2,9	6,77	2 à 10	8 à 48	5 à 18	5 à 17
de Lobos.	3 à 10	9,43	11,74	1 à 16	0,3 à 3,5	6,94	3 à 12	5 à 48	6 à 30	3 à 14
de Pica.	7 à 15	7,47	9,77	1 à 14	0,01 à 1,20	3,30	3 à 11	6 à 27	11 à 27	3 à 12
.....	"	11,09	14,03	"	"	"	"	"	"	"
.....	"	2,73	"	1 à 13	"	"	0 à 9	11 à 48	9 à 14	8 à 8

Nous avons entre les mains une série de six échantillons qui nous ont été remis par M. Habich, ancien élève externe de l'École des ponts et chaussées, membre du conseil central des ingénieurs de l'État au Pérou. Leur valeur semblerait devoir se rapprocher de la moyenne probable à espérer de la nouvelle exploitation.

L'analyse qui en a été faite au laboratoire de l'École des ponts et chaussées par l'un de nous, a donné les résultats suivants :

	CHIPANA.	HUANILLOS.	PUNTA DE LOBOS.	PABELLON DE PICA.	CHANAFAYA.
Azote.	7,34	9,58	9,11	7,31	11,40
Eau et matières organiques.	50,82	38,98	52,99	48,89	47,88
Silice et argile.	1,72	17,28	1,80	5,56	1,39
Chaux.	10,71	10,70	10,23	9,94	15,96
Acide phosphorique.	12,17	11,83	12,07	11,48	16,90
Peroxyde de fer.	0,21	1,49	0,41	0,39	0,29
Alumine.	6,10	4,84	3,16	4,87	2,36
Magnésie.	0,25	0,98	0,19	0,22	0,29
Potasse.	2,95	1,51	1,96	2,03	1,04
Soude.	4,20	1,24	2,11	3,68	0,96
Chlore, acide carbonique et autres produits non dosés.	3,53	1,47	5,67	5,63	1,62
	100,00.	100,00	100,00	100,00	100,00
Acide phosphorique soluble pour 100.	3,22	1,14	5,10	5,64	2,86

L'échantillon provenant de Patache est presque dépourvu de sels ammoniacaux, et ne possède qu'une odeur à peine sensible de guano. Il renferme une quantité considérable de sels alcalins. On peut remarquer d'ailleurs que cette quantité varie dans tous les échantillons, en sens inverse de leur teneur en azote.

On observe dans les résultats des analyses rappelées ci-dessus, de grandes différences d'un échantillon à l'autre. Cette variation est surtout frappante dans le travail de M. Raimondi, chimiste du corps des ingénieurs du Pérou, qui a examiné trente-six échantillons empruntés aux couches les plus dissemblables. L'un dans l'autre, ceux-ci sont moins riches que les nôtres; ils ne dosent que 5,08 p. 100 d'azote en moyenne, tandis que nous avons trouvé 7,95.

Le guano du sud est remarquablement sec. La moyenne d'humidité trouvée par M. Raimondi est de 6,65 p. 100; c'est beaucoup moins qu'aux îles de Chincha, et à plus forte raison qu'aux îles Macabi et Guañape. Sous ce rapport, il a une supériorité marquée et échappe à toute mani-

ulation supplémentaire, ayant pour objet de le rendre pulvérisable. Si l'on rejette les gisements sans odeur, comme celui de Patache, la moyenne de sa dose en azote se maintient de 8 à 9 p. 100. Sa richesse en acide phosphorique est la même que celle du guano des îles de Chincha, mais cet élément y paraît soluble en plus grande proportion. Enfin il renferme en quantité notable de la potasse, très-recherchée aujourd'hui par l'agriculture.

Conclusions. — Il y a là des conditions de succès pour le nouveau produit qui va se présenter sur le marché. Néanmoins, si la grande variété de composition remarquée dans les échantillons étudiés jusqu'ici s'étendait à la masse entière, ne serait-il pas à craindre de voir se confirmer de plus en plus le discrédit dont le guano semble menacé, et les agriculteurs rechercher de préférence les engrais moins complets, mais à composition constante, tels que le sulfate d'ammoniaque, le nitrate de soude et le phosphate d'os?

La pratique seule résoudra ces questions. Il serait téméraire de préjuger de l'avenir réservé aux nouveaux gisements du guano. Nous avons voulu seulement signaler l'abondante source de richesse agricole qu'ils présentent encore, et l'analyse des faits résumés dans cette note pourra contribuer à fixer les idées sur ce point.

Paris, le 10 décembre 1875.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

CHRONIQUE.

Février 1876.

N° 13

DRAGAGES DE LA RADE DE PORT-SAÏD.

Notes présentées à l'Académie des sciences par M. F. DE LESSEPS
(26 avril, 4 octobre 1875).

Le chenal d'entrée de Port-Saïd, ouvert dans une plage sablonneuse, est protégé par deux jetées contre les apports de sable ou de galets que les courants apportent constamment : ces courants, et par suite les apports, sont presque toujours dirigés dans le même sens, de l'ouest vers l'est sous l'impulsion du grand courant littoral méditerranéen et sous celle des vents dominants. En raison de cette situation, le chenal, qui d'ailleurs ne subit l'influence que d'une marée de 0^m,30, a été principalement défendu du côté ouest par une jetée plus longue et plus forte que celle de l'est. Cette jetée, qui doit atteindre une longueur de 3.000 mètres et qui n'avait que 2.500 mètres jusqu'en octobre 1873, est constituée par des blocs artificiels d'un volume de 10 mètres cubes et doit atteindre jusqu'aux fonds de 9 mètres.

Vers le milieu de 1873 et pendant que l'on se préparait à prolonger la jetée, on décida d'employer le dragage pour obtenir l'enlèvement des apports qui tendaient à réduire les profondeurs nécessaires en tête du chenal. Une puissante drague à formes marines et capable de fonctionner au milieu de l'agitation des vagues a été placée en septembre 1873, à l'embouchure du chenal d'entrée, et a creusé, en dehors des jetées, dans le prolongement de ce chenal, une fouille d'environ 800 mètres de longueur sur 200 de largeur et d'une profondeur maximum de 1^m,50. Cette fouille, qui ne s'est pas maintenue intacte, a cependant réussi, en ce sens que si elle a été en partie remblayée pendant les mauvais temps d'hiver, ce résultat a été obtenu aux dépens des régions environnantes : il est resté, en somme, après ce nivellement

de l'emplacement dragué, une dépression plus étendue, mais moins profonde, représentant l'effet utile définitif du travail de la drague marine.

Sous l'influence de ces dragages qui seront continués, et d'un allongement convenable de la jetée ouest, la situation s'est améliorée. Les fonds de 9 mètres qui s'éloignaient progressivement du rivage s'en sont rapprochés de 250 mètres au devant du pied de la jetée; les sondages faits en juillet 1875 montrent que la rade s'est encore améliorée et que la courbe des profondeurs de 9 mètres forme à l'entrée du chenal une vaste baie de 1 kilomètre de largeur environ.

En résumé cette drague, qui a coûté 700.000 francs, a dragué la rade du 13 septembre au 31 décembre 1873 un cube de 73.324 mètres cubes; du 30 avril au 7 novembre 1874 un cube de 179.850 mètres cubes; soit en totalité 253.177 mètres cubes; de plus elle a extrait un cube de 225.509 mètres cubes sur un banc adossé à la surface de la jetée pour dégager celle-ci en vue de son rechargement. Cet engin travaillant dans un terrain d'apport sablonneux et argileux, parfois très-compacte a produit en moyenne en rade 100^m par heure de marche effective; les arrêts pour causes diverses réduisent le rendement à 91 mètres cubes par heure de marche. Dans les bassins ou à l'abri des jetées, ces chiffres deviennent respectivement 183 mètres cubes et 156 mètres cubes. Le mètre cube extrait est revenu en moyenne à 1',40, et ce prix peut atteindre 2 francs en comprenant l'amortissement du matériel.

Les conditions auxquelles doit satisfaire une drague marine sont naturellement indiquées par les épreuves qu'elle a à subir en mer : elle doit avoir beaucoup de stabilité, des organes très-robustes, une coque à formes marines, deux hélices mues par deux machines indépendantes pour pouvoir évoluer facilement et rentrer rapidement au port en cas de tempête; enfin son échelle à godets doit être suffisamment inclinée en travail pour que les mouvements verticaux de levée et de descente que les lames imprimant à la coque n'occasionnent pas de chocs dans les points d'attache de cette élinde.

La drague qui a été employée à Port-Saïd est très-stable à la mer et les lames courtes ne sont pas capables d'interrompre son travail toutes les fois que les porteurs peuvent accoster. En donnant aux porteurs comme à la drague des coques très-robustes et de bonnes ceintures, l'observation a montré que des lames de plus de 0^m,70 ne peuvent faire obstacle aux dragages en mer, en dehors de tout abri.

EMPLOI DE LA DYNAMITE DANS LES TRAVAUX DE ROCTAGE ET DE DÉMOLITION D'OUVRAGES EN MAÇONNERIE.

Le n° 24 du *Mémorial de l'officier du génie* contient deux mémoires sur la dynamite, mémoires intéressants à des points de vue différents et qu'il convient au moins de signaler : le premier rend compte de travaux de roctage qui ont été exécutés au fort de la Boix-Faron sous la direction de M. le capitaine du génie Sadoux ; les travaux, dans lesquels on opéra sur de grands cubes de déblais pour arriver à des résultats certains, avaient pour but de se rendre compte des avantages que pourrait présenter l'emploi de la dynamite sur la poudre de mine au double point de vue du prix de revient et du temps employé : les conditions d'emploi de ces deux substances et aussi du coton-poudre comprimé furent choisies autant que possible dans des conditions comparables. Ces expériences durèrent près de vingt mois et donnèrent lieu, y compris les opérations préparatoires, à un déblai total de 2.500 mètres cubes : on avait consommé 2.100 kilogrammes de poudre de mine, 2.000 de coton-poudre comprimé, et 1.000 kilogrammes de dynamite ; il avait été fait 22.000 explosions représentant 9.000 mètres courant de forage.

Nous ne pouvons entrer dans le détail des observations diverses qui ont été rassemblées à la suite de ces expériences ; nous ne pouvons que renvoyer au mémoire original qui présente nombre de détails intéressants sur les diverses phases des opérations et nous nous borner à reproduire ici les principales conclusions : L'emploi comparé des dynamites, du coton-poudre comprimé et de la poudre de mine a montré que, dans les percements de puits et de galeries, il y a avantage (la question du dosage étant réservée) à se servir soit de dynamites à base inerte et saturées (sans cependant être exsudantes), soit de coton-poudre comprimé, pourvu qu'on amorce avec 1 gramme de fulminate et qu'on emploie autant que possible des charges ou tout au moins des cartouches-amorces dégelées : en été des amorces de 0",50 suffiraient. Dans les attaques isolées et surtout pour le percement des galeries de faible section, il est avantageux de mettre le feu avec la mèche ; dans les autres cas, le cordeau Bickford est à préférer. Il convient de bourrer toutes les fois qu'on le peut.

Dans la conduite du travail, on ne doit employer pour le creusement des galeries, surtout dans les rocs durs, que des coups nombreux et peu profonds. Il y aura avantage et généralement

économie, dans l'exécution des galeries à grande section, à faire usage simultanément des dynamites et de la poudre de mine, en opérant par brigades séparées.

Enfin l'outillage doit être du diamètre de 0^m,025, pour les trous destinés à recevoir des charges de dynamite.

Quand toutes ces conditions seront réunies, on pourra raisonnablement compter que le travail à la dynamite donnera de bons résultats et, par comparaison avec des roctages de même nature exécutés exclusivement à la poudre de mine, produira une économie de temps qui pourra être considérable et qui atteindra en moyenne 40 p. 100.

En ce qui concerne les *déblais de roc en tranchées*, on ne saurait être aussi affirmatif pour conseiller l'emploi exclusif de la dynamite, eu égard au prix élevé actuel des dynamites : le mieux serait sans doute de combiner les deux systèmes et de n'employer dans ce cas la dynamite que là où les effets de la poudre seraient insuffisants.

Le second mémoire que nous voulons signaler donne, d'après un travail de M. Julius Vogl, major du génie autrichien, des renseignements sur le poids des charges de dynamite Mobil n° 1 (à base de silice et contenant environ 75 p. 100 de nitroglycérine) à employer pour la rupture des maçonneries. Ces renseignements numériques, ainsi que l'indication des placements à adopter pour les charges suivant la nature de l'ouvrage, résultent d'expériences qui ont été faites à Linz de 1871 à 1873 sous la direction du Comité militaire, technique et administratif autrichien.

CONSOLIDATION DE REMBLAIS ARGILEUX.

Les fossés de l'enceinte en terre du faubourg de Torcy, à Sedan, ont été creusés dans un sol composé à la partie supérieure de 0^m,50 à 0^m,70 de terre végétale, au-dessous de laquelle on rencontre une terre marneuse rougeâtre mélangée de cailloux roulés sur une épaisseur de 2 à 3 mètres, reposant sur un sous-sol de l'étage liasique formé de couches minces et alternatives de marne grise et de calcaire marneux de mauvaise qualité. Lors de l'exécution du remblai du parapet, les terres provenant de la fouille furent déposées dans l'ordre inverse de leur gisement, de telle sorte que les marnes du lias recouvrirent toutes les autres terres. Au-dessous du sol naturel, le talus extérieur fut recoupé dans le terrain vierge et au-dessus il fut élevé par assises réglées, de manière à pré-

poser à la surface une couche de terre végétale de 0^m,30 à 0^m,40 d'épaisseur ensemencée de chiendent.

Pendant l'hiver et avant même que les travaux fussent terminés, on observa de nombreux glissements qu'on essaya d'empêcher par l'emploi de divers procédés qui ne donnèrent pas de bons résultats, sauf dans un talus dans la construction duquel on avait disposé entre la masse argileuse du parapet et la couche de terre végétale qui le recouvrait une couche de calcaire sableux, en ayant soin d'y organiser, au moyen de pierres, des chaînes d'écoulement pour les eaux. Cette circonstance donna à M. le commandant Massu l'idée de préserver du contact de l'eau la masse argileuse du parapet, et voici la disposition qu'il adopta dans ce but :

Après avoir enlevé toutes les terres éboulées, on tailla dans la partie affermie du terrain argileux des gradins de 0^m,70 de hauteur, présentant à leur partie supérieure une légère pente vers le bas; on ménagea de nombreuses rigoles en pierre destinées à conduire les eaux jusqu'à la surface du perré qui garnissait la partie inférieure du talus, puis on remplit de gravier toute la partie comprise entre les gradins et un plan parallèle à celui du talus et situé à 0^m,30 au-dessous. On monta ensuite le talus en même temps que le remblais de gravier en ayant soin de bien damer le tout et d'ensemencer le talus.

Ces travaux exécutés en 1853 et des talus consolidés à Rocroy par le capitaine Loisy en employant les mêmes dispositions étaient dans un bon état de conservation en janvier 1874. Les moyens de consolidation que nous venons d'indiquer paraissent donc avoir reçu la sanction de l'expérience.

(D'après un article inséré dans le *Mémorial de l'Officier du génie*, n° 24, p. 370.)

RÉPARATION DE MAÇONNERIES PAR L'INJECTION DE MORTIER CLAIR OU DE CIMENT.

Le *Mémorial de l'officier du génie* (n° 24, p. 378) contient l'indication de quelques résultats obtenus par l'injection de mortier clair ou de ciment dans des maçonneries qu'on voulait réparer. Ce procédé a déjà été employé d'ailleurs dans les travaux des ponts et chaussées, notamment à l'écluse de la Floride, au Havre, et dans l'écluse du port de Calais.

A Longwy, les voûtes des souterrains construits sous un terre-plein au-dessus desquels s'élevait un cavalier d'un grand relief laissaient passer beaucoup d'eau à la suite des grandes pluies et

des dégels; on n'aurait pu remanier les chapes qu'à la condition d'exécuter un déblai considérable pour mettre l'extrados à découvert; on se décida en 1860, pour effectuer des réparations devenues nécessaires, à pratiquer l'opération suivante : des ouvertures carrées de 0^m,12 à 0^m,15 furent pratiquées dans les voûtes et dans les parements des pieds-droits aux points où le bruit produit par un choc indiquait l'existence de vides : on évida, d'autre part, de distance en distance les joints des maçonneries; puis, par ces diverses ouvertures, on injecta du mortier de ciment très-fin et un peu clair, au moyen d'une seringue du genre de celle dont on se sert pour nettoyer les voitures, mais terminée par un canal étroit. On est parvenu à introduire ainsi de 2 à 8 seaux de mortier par chaque orifice; on a réparé ensuite les cavités que l'on avait pratiquées en y introduisant du béton. Lorsque la prise des mortiers a été jugée suffisante, on a évidé profondément tous les autres joints et on les a remplis d'un mortier de ciment de Vassy composé d'une partie de sable de rivière pour une partie de ciment.

Ces réparations ont parfaitement réussi, car en mars 1875, on a constaté que les souterrains où elles ont été faites sont parfaitement secs.

Un procédé analogue fut appliqué en 1857 et 1858 pour remplir des lézardes qui s'étaient formées dans une casemate et pour boucher quelques fissures que l'on avait constatées à la naissance d'une voûte récemment décintrée dans un magasin à poudre. Suivant le mode adopté pour réparer le radier de l'écluse d'entrée du bassin de la Floride, au Havre, on employa un tuyau de zinc de 0^m,04 de diamètre et de 2 à 3 mètres de hauteur. L'extrémité supérieure était terminée par un entonnoir dans lequel on versait du ciment Portland délayé en bouillie très-claire; l'extrémité inférieure était introduite dans la partie crevassée de la maçonnerie et y était scellée avec un ciment à prise rapide. On ne retirait le tube où l'on maintenait le niveau du liquide aussi élevé que possible que lorsque l'on avait constaté un commencement de prise. Quand les crevasses parurent suffisamment remplies, on boucha tous les vides et l'on refit les joints et les enduits.

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS. — STATISTIQUE.

États-Unis. — *Le Poor's Manual of the Railroads of the United States for 1875-1876* fournit les chiffres suivants sur l'état actuel des chemins de fer aux États-Unis :

Le nombre de kilomètres, qui était de 106.000 en 1873, s'est élevé à 115.000 en 1874; le capital engagé était respectivement de 19.400 millions et de 21.600 millions de francs. Le prix moyen du kilomètre, qui était de 183,000 fr. en 1873, a atteint 188.000 fr. en 1874.

Les recettes des chemins de fer ainsi que la manière dont elles se décomposent, etc., sont fournies par le tableau suivant :

	1874.	1873.
	—	—
	francs.	francs.
Recettes brutes.	2.660.000.000	2.900.000.000
— nettes.	970.000.000	940.000.000
Marchandises, messageries.	1.940.000.000	2.000.000.000
Voyageurs.	720.000.000	690.000.000

Les dividendes distribués en 1873 et 1874 sont respectivement 345 millions et 344 millions de francs et correspondent à 4,07 et 3,39 p. 100 du capital engagé.

La situation financière fâcheuse révélée par ces chiffres paraît être la conséquence de l'extension de la construction au delà des besoins du moment.

Angleterre. — Il résulte d'un rapport publié par le *Board of Trade* que, à la fin de 1874, il y avait en Angleterre 26.466 kilomètres de chemins de fer; dans ce chiffre, les chemins à une seule voie entrent pour 12.389 kilomètres, tandis que les chemins à deux voies comprennent 14.077 kilomètres. Le capital engagé est évalué à 15.247 millions de francs. En 1854 le capital n'était que de 7.152 millions; la dépense annuelle de construction de chemins de fer a donc dépassé 150 millions en Angleterre.

Russie. — Il résulte d'un rapport du ministre des travaux publics de Russie que la longueur des lignes de chemins de fer en exploitation (abstraction faite des chemins de fer de Finlande qui ne dépendent pas du ministère) s'est élevée de 16.209 kilomètres à 18.072 pendant l'année 1874. Les recettes brutes, qui en 1873 étaient de 481.895.764 francs, ont été de 579.900.453 francs en 1874, ce qui correspond à 32.102 francs par kilomètre en 1873 et 32.985 francs par kilomètre en 1874.

Indes. — Les *Annales industrielles* donnent les renseignements suivants extraits d'un rapport officiel sur les chemins de fer des possessions britanniques dans l'Inde.

Il y avait aux Indes, à la fin de l'année 1873, 9.448 kilomètres de

N° 14

NOTE

SUR LA

PROPRIÉTÉ DES ALLUVIONS DITES ARTIFICIELLES

Par M. SCHLEMMER, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Considérations préliminaires.

ANTÉCÉDENTS. — RAPPEL DE QUELQUES PRINCIPES DE DROIT
APPLICABLES A LA QUESTION.

1. *Objet de la note.* — A qui, de l'État ou du riverain, doit être attribuée la propriété d'une alluvion qui se forme par suite de la construction, par l'État, d'une digue ou d'un ouvrage d'art dans le lit d'un cours d'eau du domaine public?

Cette question, très-controversée, n'arrive à être posée dans les termes simples et péremptoires ci-dessus qu'entre partisans et adversaires systématiques de l'attribution de propriété faite exclusivement soit à l'État soit au riverain. Il convient de la formuler d'une façon plus réservée et de préférence dans les termes suivants : Dans quelles conditions l'État revendiquera-t-il utilement, devant l'autorité judiciaire, la propriété d'une alluvion artificielle ?

L'objet de la présente note est de rechercher au point de vue de la législation existante, et d'après les plus récents documents de la jurisprudence, quelle réponse peut être donnée à la question ainsi posée (*).

(*) A ce sujet difficile et par le côté qui n'en est pas le moins

vœu formulé par la chambre de commerce ; le but spécial de ce vœu était de faire attribuer à l'État la propriété des alluvions considérables formées ou consolidées derrière les endiguements de la basse Seine entrepris par l'État en 1846, et dont il a poursuivi les travaux depuis cette époque.

Il s'agissait de 15.000 hectares pouvant, suivant l'exposé de ladite proposition, valoir 60 millions, dont la rentrée au trésor, déduction faite des dépenses d'exécution des endiguements, devait permettre d'entreprendre d'autres travaux très-importants pour la navigation.

Selon la chambre de commerce de Rouen, il faut diviser les alluvions qui se forment dans les cours d'eau du domaine public en deux catégories, savoir :

L'attribution de propriété des alluvions, sont d'un très-grand intérêt et de nature à être consultées avec fruit, en tout temps. Il est regrettable que les procès-verbaux des douze séances de la commission n'aient été autographiés qu'à un si petit nombre d'exemplaires qu'ils sont, aujourd'hui, presque introuvables. Avant tout, la commission avait à donner son avis sur la proposition de la chambre de commerce de Rouen ; les délibérations auxquelles elle a donné lieu ont eu pour effet de la faire retirer par le président de ladite chambre de commerce, membre de la commission. Nous donnons, dans le corps de la présente note, un extrait du rapport de M. de Vatiménil, résumant et présentant au ministre le travail de la commission. Il conclut à la mise en application des articles 30, 31 et 32 de la loi du 16 septembre 1807 et produit, en outre, en vue des applications à faire, un projet de règlement d'administration publique d'un caractère général, en 80 articles. Ce règlement n'a pas été sanctionné jusqu'ici ; en 1854, la section des travaux publics du Conseil d'État avait été appelée à examiner la partie de ce projet de règlement relative à la délimitation du lit des cours d'eau, et a conclu à ce qu'elle ne soit pas adoptée. Malgré le résultat négatif de cette partie de son travail, les délibérations de la commission conservent, nous le répétons, un très-grand intérêt, et ont visiblement inspiré l'administration dans les transactions intervenues, en grand nombre déjà, notamment sur la Garonne, entre le gouvernement et les riverains, pour la cession anticipée à ceux-ci, à titre onéreux, d'alluvions encore imparfaites, provoquées par des travaux qui étaient, en tout ou en grande partie, à la charge de l'État.

Les *alluvions naturelles* qui résultent et insensibles des eaux et qui ne sont pas le résultat des travaux publics ;

Et les *alluvions artificielles* qui ont pour cause des travaux exécutés par l'État.

Les alluvions naturelles, pense-t-on, accroître les propriétés riveraines, artificielles doivent appartenir à l'État, parce que ces alluvions ont pour cause des travaux au moyen des fonds du trésor et que l'État est partie du domaine public ; tel est, à notre avis, l'esprit de l'article 556 du Code de procédure civile qu'une loi interprétative le déclarât.

La commission a repoussé cette proposition et déclare qu'après avoir parcouru la jurisprudence qui s'y rapportent, elle a vainement vaincue que cette jurisprudence a consacré, aux riverains la propriété des alluvions ; elle rejette toute distinction entre les alluvions naturelles et les alluvions artificielles.

Suivant la commission, « une loi interprétative de l'article 556 n'est pas applicable » « dépasserait les limites de l'interprétation » « règle existante : d'une part, elle » « le principe de la non-rétroactivité » « se seraient formées ou auraient » « antérieurement à sa promulgation » « ne pourrait pas complètement le but in » « de commerce ; d'autre part, en » « une loi de cette nature comme statut » « l'avenir, il serait difficile d'en » « modifications au Code civil ont, » « été faites. Celles dont il s'agit en » « l'article 556 n'a fait que conserver » « à toutes les époques et qui est »

« pays. D'ailleurs, s'il est contraire à l'équité d'attribuer,
« intégralement et sans indemnité, aux riverains d'un
« fleuve, des alluvions qui ont été déterminées ou favori-
« sées par des travaux exécutés au moyen du trésor public,
« il ne le serait pas moins de les attribuer en totalité au
« domaine de l'État. Avant l'alluvion, les riverains avaient
« l'avantage d'avoir des propriétés contiguës au cours d'eau
« et, dans le système proposé, ils se trouveraient, sans
« aucune compensation, privés de cet avantage; ils avaient
« la chance de profiter des alluvions naturelles qui auraient
« pu se former indépendamment de tous travaux d'art, et
« on leur enlèverait cette chance; les alluvions qu'ils pou-
« vaient espérer étaient peut-être le dédommagement de
« terrains que le fleuve avait enlevés à une époque anté-
« rieure, et on les frustrerait de ce dédommagement éven-
« tuel. Une semblable innovation serait probablement re-
« poussée par le pouvoir législatif. Sous tous les rapports,
« on doit renoncer à la proposer.

« Résulte-t-il de là que l'État qui, par ses travaux et
« ses dépenses, a déterminé ou favorisé les alluvions, ne
« doive aucunement profiter de cet accroissement de valeur,
« et que les riverains soient appelés à recueillir, d'une
« manière tout à fait gratuite, un avantage dont la créa-
« tion n'est due ni à leurs capitaux ni à leur industrie?

« Non, il ne saurait en être ainsi, et si la législation
« existante n'y avait pas pourvu, il faudrait nécessairement
« remplir cette lacune en proposant une loi qui établirait,
« entre l'État et les riverains, un partage équitable des
« bénéfices résultant de l'alluvion artificielle.

« Mais, heureusement, cette loi n'est pas à faire; elle
« est faite, il ne s'agit que de l'appliquer. »

Le rapport du président de la commission dont nous
venons de donner un extrait reproduit alors, *in extenso*, le
texte des articles 30, 31 et 32 de la loi du 16 septem-
bre 1807, et il ajoute :

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

possible de douter que ces travaux, exécutés à l'avantage que procure, des alluvions produites au moyen des fonds de *travaux publics*, comprennent évidemment aux d'endiguement exé-

3 Les mots : *lorsque...*
puis une notable augme
d'une manière incont
et la contenance et,
accrue par l'effet d'une
discussion parlementaire
, la proposition de M.
été reconnu, même par
système d'attribution à
que les articles 50, 51
applicables et que les
indemnité prévue par c

es dans lesquels le rap
conclu sur la proposition
sont :

é des alluvions appar
ces alluvions ont pou
l'État et à ses frais, les
une indemnité dont la
onstances, mais dont l
l'accroissement de val
cette indemnité doit é
nières énoncées dans l'
pour obtenir cette ind
armé de nouvelles disp
7 lui suffit. Il peut, da

re la décision spéciale prévue par l'arti-

« de 32 de cette loi, et déterminer ainsi la quotité de l'indemnité à fournir par les riverains. »

4. *Objet de la note en ce qui touche la jurisprudence de l'autorité judiciaire.* — Le précédent paragraphe met en présence l'un de l'autre les deux systèmes d'attribution de propriété des alluvions artificielles. A côté des considérations d'équité mises en relief en faveur du droit des riverains, la commission de 1849 invoque, à l'appui de son avis, la jurisprudence de l'autorité judiciaire comme repoussant *absolument* toute distinction entre les alluvions naturelles et les alluvions artificielles.

Cette distinction n'est-elle pas admise, au contraire, dans des arrêts postérieurs à ceux que la commission de 1849 a été à même de connaître? La réponse affirmative à cette question a ses partisans, et nous l'avons mentionnée dans notre note sur la délimitation des cours d'eau (*Annales des ponts et chaussées*, cahier d'octobre 1874, p. 258 et 259), lorsque nous avons eu à citer les arrêts de la Cour de cassation du 8 décembre 1863 et du 7 avril 1868 et un arrêt de la Cour d'appel de Bordeaux du 4 avril 1870.

Or on est, croyons-nous, facilement entraîné à dépasser la mesure de ce qu'il y a de réellement fondé dans cette appréciation, consistant à penser que l'autorité judiciaire a modifié, dans ces derniers temps, sa jurisprudence antérieure, qu'elle admet aujourd'hui la distinction qu'elle repoussait autrefois entre les alluvions artificielles et les alluvions naturelles, et qu'elle attribue la propriété des premières intégralement à l'État, lorsqu'elles ont été provoquées par les travaux de l'État. D'un autre côté, quand les partisans du système opposé affirment que la jurisprudence attribue les alluvions exclusivement au riverain, dans tous les cas, et quelles que soient les circonstances de leur formation, et quand ils prétendent que cela est admis par l'administration elle-même, puisqu'elle se borne à récla-

, lorsqu'il y a lieu, une indemnité mes porté à croire que là, aussi, l'opinion exagérée, et qu'elle résulte de termes dans lesquels on traduit le fait en vigueur. C'est le double danger, par l'analyse des monuments, l'on s'expose, en effet, au danger de dépasser la juste mesure, quand on ne contrôle pas rigoureusement le sens attribué à la jurisprudence qui domine la matière, et de fausser le sens de cette jurisprudence imitant pas, d'ailleurs, que l'exposition est imparfaite, et qu'il faut se contenter de questions, de décisions d'espèce et non d'une règle précise.

. *Bases légales des droits respectifs.* — Les bases principales de la législation de l'État sont, d'une part, le Code civil et, d'autre part, la loi du 16 mai 1864 et l'article 41 de la loi du 16 mai 1864 de facilité dans la lecture de ces lois, on le trouve dans le texte ci-dessous (*).

*) « Art. 556 C. civ. Les atterrissements se forment successivement et imperceptiblement d'un fleuve ou d'une rivière, L'alluvion profite au propriétaire riverain d'un fleuve ou d'une rivière navigable ou flottable, dans le premier cas, de laisser le fleuve au halage, conformément aux règlements. Art. 557. Il en est de même des rivières qui se retirent insensiblement de l'un sur l'autre; le propriétaire de la rive qui se retire profite de l'alluvion, sans que le riverain du fleuve puisse réclamer le terrain qu'il a perdu. Ce droit n'a pas lieu à l'égard des rivières non navigables. »

Art. 560. Les îles, îlots et atterrissements qui se forment |

Les articles 556 et 557 établissent, au profit des riverains, le droit de faire des conquêtes sur le domaine public fluvial, et définissent le double mode suivant lequel cette conquête est admise comme légitime ou légale. L'un de ces modes, celui des *relais* que prévoit et définit l'article 557 (en signalant toutefois la différence avec les relais de la mer), consiste dans le phénomène où l'eau courante se retire *insensiblement* de l'une de ses rives pour se porter sur l'autre. L'article 557 donne au relais le nom d'alluvion, et l'attribue exclusivement au propriétaire de la rive découverte.

Le deuxième mode est celui de l'*alluvion* formée par atterrissement et assimilable aux *lais* de mer.

Le premier paragraphe de l'article 556 en donne la définition et a une importance capitale dans toute cette matière. L'alluvion est dans ce cas un atterrissement, un dépôt de matières qui accroissent le fonds riverain d'une façon *successive et imperceptible*; nous ferons remarquer, dès à présent, avec la prévision d'avoir à y insister plus loin, que ces deux derniers mots excluent l'idée d'une *action subite, apparente et appréciable*, dans le phénomène de l'atterrissement, pour que la conquête faite sur le domaine public fluvial appartienne légalement au riverain; ce qui n'est pas moins caractéristique, c'est que dans le langage du Code et de la loi de 1807, le mot *atterrissement* a un sens plus large que celui d'*alluvion*, et que l'atterrissement ne devient une alluvion que lorsqu'il remplit les conditions prévues dans la définition légale de celle-ci.

-
- « dans le lit des fleuves ou des rivières navigables ou flottables
« *appartiennent à l'État*, s'il n'y a titre ou prescription contraire. »
« Art. 41 de la loi du 16 septembre 1807. *Le Gouvernement con-*
« *cédera aux conditions qu'il aura réglées*, les marais, *lais*, relais
« de la mer, le droit d'*endigage*, les *accrues*, *atterrissements*
« et alluvions des fleuves, rivières et torrents, quant à ceux de ces
« objets qui forment *propriété publique ou domaniale*. »

la conception théorique
l'initiation légale des de
on voit que le second
e n'est plus l'eau cou
c'est la rive qui s'a
lu fleuve, parce que
t adhérentes à la r
prolongement de la ri
al.

du riverain ainsi con
lode civil, a princip
on que le législateur
r le dommage que
rue n'est pas toujou
nt aussi il enlève. Voi
sujet M. Portalis d
titre de la Propriété
nvions doivent appar
cette maxime nature
n a été exposé à sou
s riveraines sont
existe, pour ainsi d
entre le propriétaire
la marche peut à c
ce fonds. »

nt aussi, et non san
ci, son principe gén
vil, aux termes du
it sur tout ce qui s'
nt, soit artificiellem
lu titre II du Code
est suivi, au chapi
» de l'article 551 qu
1. Tout ce qui s'uni

t au propriétaire, suivant les règles qui se-

sont ci-après établies;... » et, parmi ces règles ainsi énoncées, nous trouvons à la section I, intitulée « Du droit d'accrétion relativement aux choses immobilières », entre autres et notamment, les articles 556, 557 et 560 dont nous avons rapporté le texte ci-dessus.

Il nous semble difficile de mettre en doute que le principe général de l'article 546 trouve son développement dans la teneur des articles 556, 557 et 560.

6. Quel est ici le droit de l'État, en opposition avec celui du riverain? C'est ce que l'ordre naturel, dans la recherche des bases légales de ces droits respectifs, nous conduirait maintenant à examiner, en nous arrêtant d'abord sur l'article 560 du Code civil et sur l'article 41 de la loi du 16 septembre 1807. Mais, au préalable, nous devons rappeler quelques notions fondamentales sur l'État, sur le domaine public et sur le domaine de l'État, parce que c'est en définitive dans ces principes généraux qu'on trouve le guide le plus sûr et, selon nous, le seul guide pour se diriger dans ces questions délicates où les difficultés d'espèce viennent s'ajouter à celles qui résultent de la contradiction des doctrines.

7. *Rappel des notions de principes sur le domaine public et sur le domaine de l'État.* — Le domaine public est défini par la loi domaniale du 22 novembre-1^{er} décembre 1790 et par le Code civil, article 538, « la partie du territoire français qui n'est pas susceptible de propriété privée (*) ». Ces mots doivent être entendus en ce sens que les choses

(*) On consultera, avec fruit et avec intérêt, sur ces principes généraux, indépendamment du célèbre traité de Proudhon, les belles conférences de M. Aucoc, président de section au Conseil d'État, et le cours de droit administratif de M. Ducrocq, professeur à Poitiers; voir notamment la 4^e édition de cet ouvrage, tome II, titre III, de l'État.

ens ainsi désignés ne p
 e; que pour l'État lui-
 , un *domaine de proprié*
 n), que cette nature de
 i définie par la réunion
 ; que l'État, comme il s
 et la gestion, avec mi
 ons à venir. *L'idée de do*
exclusive du droit de p
 ntale qu'on ne doit pas
 it s'occupe la présente
 ens, pour faire partie d
 l'article 538 du Code ci
 tinctifs suivants :
 e une portion du territoi
 e, *par leur nature*, non

e affectés à *l'usage pub*
 ce public) ou destinés à
 la partie énonciative de
 e déjà explicitement rar
 , les fleuves et les rivièr
 e les rivages de la mer,
 l'action ordinaire du flo
 que pas de faire ressort
 ude physique d'être sur
 raison de la résistance
 que la loi les a nomm
 i public.

ait distinctif du régime
 s dépendances sont *fre*
et absolue. (Ordonnance
 spiration du chancelier
 ement de Paris le 13 n
 .1^{er} décembre 1790 ; —

Code civil.) Habituellement on le formule en disant, comme par voie de conséquence, que le domaine public est *inaliénable et imprescriptible*.

8. Le *domaine de l'État* ou *domaine privé de l'État* est, au contraire, *aliénable et prescriptible* ; il est formé d'éléments de même nature que ceux qui composent le patrimoine des particuliers (immeubles, meubles, choses incorporelles). Les biens du domaine de l'État ne sont pas affectés à l'usage du public, à la jouissance commune ; ils sont, au contraire, susceptibles de propriété privée. L'État n'est pas simple détenteur, à titre de conservation et de garde, il en est *propriétaire*, et tenu seulement de respecter les modes d'acquisition, de gestion et d'aliénation qui sont propres à ce domaine (*).

Dans la partie immobilière du domaine de l'État, nous n'avons à considérer, pour le sujet qui nous occupe, que les *îles, îlots et atterrissements* formés dans le lit des cours d'eau navigables ou flottables, et accessoirement, pour éclairer le sujet, les *lais et relais de la mer*.

(*) Pour ne pas sortir des limites de notre sujet et du cadre restreint de cette note, nous renvoyons à l'ouvrage précité de M. le professeur Ducrocq, 4^e édition, tome II, page 142, et aux traités généraux du même auteur, pour tous les développements relatifs à la question de l'État considéré comme propriétaire de son domaine propre.

Cet auteur range dans la partie *immobilière* du domaine de l'État : 1^o les hôtels, les bâtiments divers, les domaines ruraux dont l'État tire des revenus en les affermant ; 2^o les sources d'eaux minérales et les établissements thermaux dont l'exploitation est concédée à titre onéreux ou faite en régie ; 3^o des forges, des salines et des mines de sel gemme productives d'un important revenu ; 4^o les *îles, îlots et atterrissements formés dans le lit des rivières navigables ou flottables* ; 5^o le sol des routes nationales délaissées comme n'étant plus affectées à l'usage public ; 6^o les terrains des fortifications et des remparts des places qui ne sont plus places de guerre ; 7^o les *lais et les relais de la mer* ; 8^o les bois et forêts ; 9^o les palais, hôtels et autres édifices nationaux affectés aux Chambres, ministères, musées, bibliothèques, etc.

Comme pour le rivage de la mer, l'article 41 de la loi du 16 septembre 1807 donne à l'État, en ce qui concerne les fleuves et rivières navigables, la faculté de concéder, à titre onéreux, *le droit d'endigage* ; elle est formulée comme il suit, dans le § 1^{er} d'un avis motivé du 5 août 1858, des sections réunies du Conseil d'État, des finances et des travaux publics :

« L'administration a le droit de déclarer que les alluvions imparfaites, faisant partie du lit des fleuves et rivières navigables, sont inutiles au service de la navigation et au libre écoulement des eaux, et qu'elles peuvent, par conséquent, être distraites du domaine public, pour être aliénées, en toute propriété, au profit du trésor. »

A moins de violer les principes qui fournissent les caractères distinctifs du domaine public, il nous semble incontestable qu'il ne peut être question de retrancher et d'aliéner, comme inutile à la destination du fleuve, telle ou telle portion de son lit, que si ce retranchement est effectif et matériellement réalisé, soit immédiatement, soit dans un temps nettement délimité et assez court (*). Il n'y a pas de motif pour qu'il en soit autrement ici que pour le rivage de la mer, où la charge dite de *renclôture* est la condition préalable de la concession ou de l'aliénation anticipée de terrains futurs. Cela nous semble même plus impérieusement exigé pour le bord des fleuves et rivières. Qu'on se reporte, en effet, à l'ordonnance royale du 23 septembre

(*) Le domaine public fluvial est limité par les lignes de débordement (*plenissimum flumen*). Or ces lignes doivent exister réellement et non fictivement. Elles sont établies d'après la configuration réelle des rives, et ne peuvent l'être arbitrairement. Pour qu'un terrain placé dans le lit d'un cours d'eau puisse en être légalement retranché, il faut qu'il existe une nouvelle rive telle qu'une délimitation nouvelle du lit mette ce terrain en dehors de ce même lit. (Note de M. l'inspecteur général Kleitz.)

MÉMOIRES ET DO

qui, parmi les formalités d
r les concessions prévues
septembre 1807, indique c
que l'on se demande si ce
cessaire quand il s'agit des
a un intérêt évident à vé
teinte à son droit de prop
l s'agit du rivage marin
admis à faire valoir, contre
ur les lais et les relais de
à cette question ne nous
ologie, nous inclinons à c
ument pour la nécessité d'
entre la partie du lit qui e
ublic et celle qu'il s'agit
e de la possession privative
aut faire valoir, à ce sujet,
i, qui touchera surtout les
eil d'État, consistant à sou
trative du domaine public n
des limites actuelles, est
ais que, tant qu'elle n'est
oir, par le Conseil d'État,
re qui ne pourrait l'infir
n d'une indemnité, sans
on des pouvoirs. (Voir les
ette question dans notre m
ir, en effet, que pour décl
é judiciaire il faut être, a
régulièrement, légalemen
tion de la rive, la ligne sé
faveur de la conservation
s comme propriétaire de s
puissance publique. Si l'o
est subtile et controversée

du moins, qu'il n'existe aucun texte de loi spécial et catégorique donnant ici à l'autorité judiciaire le pouvoir de contrôler l'intervention de l'administration (*).

10. *La distinction en alluvions naturelles et artificielles ne fournit pas une base légale pour l'attribution de propriété de l'alluvion, suivant les cas, soit au riverain, soit à l'État.* — La distinction des alluvions en alluvions artificielles et naturelles est-elle de nature à fournir une base pour l'attribution de propriété des premières à l'État, et des secondes au riverain ?

La réponse à faire à cette question nous semble devoir être négative. C'est ainsi qu'en a jugé la commission de 1849, comme nous l'avons rappelé ci-dessus (§§ 3 et 4); et

(*) Nous avons insisté, avec intention, sur la distinction fondamentale entre le domaine public et le domaine de l'État. Nous admettons dans le droit et spécialement dans la matière dont il s'agit ici, que l'État peut être envisagé sous deux aspects, comme puissance publique qui a la garde du domaine public, et comme personne civile ou morale qui gère son domaine privé, et cette distinction, qui est quelquefois contestée, ne nous paraît pas plus utile que celle du domaine public et du domaine de l'État.

(Ducrocq, tome II, pages 74 et 168.) Nous trouvons, au contraire, de sérieux inconvénients à cette abréviation de langage par laquelle on attribue, parfois, à l'État la propriété du domaine public. Voici un exemple pris, pour ne pas sortir de notre sujet, dans un ouvrage récent (1872) : le *Traité des alluvions artificielles* de M. O. Marais, avocat à la Cour d'appel de Rouen (page 10) :

« Si le riverain et l'État deviennent propriétaires dans les cas prévus par les articles 556 et 560, c'est à cause de l'accession qui s'opère, soit à la propriété antérieure du particulier, soit au lit du fleuve, *domaine de l'État.* »

Le lit du fleuve déclaré domaine de l'État, voilà l'une de ces inexactitudes juridiques auxquelles conduit le langage abrégé, incorrect, qui affirme que le lit des fleuves appartient à l'État ou que l'État en a la propriété. La Cour de cassation est depuis longtemps d'accord avec le Conseil d'État, pour ranger le lit des fleuves dans le domaine public, et pour décider que c'est une propriété publique dont l'État assure l'égale jouissance à tous, qu'il administre et qui est imprescriptible et inaliénable, tant qu'une loi n'en a pas disposé autrement.

MÉMOIRES ET

ieurement, dans la disc
iative parlementaire en 1
é des alluvions, M. Dum
:

Ces principes (consistant
gislations les alluvions a
la rive) ne sont pas con
sition et M. le directeur
es viennent de le reconn
es sont applicables que
turelles, et ne le sont pas
ificielles. Et quand nous
endait par alluvions arti
r une définition métapho
ns *conquis*, qui apparter
acquête.

Pour vérifier ce droit de
ent se forment les alluv
acun de nous peut parle
is pas être contredit quan
aves les plus importants,
ment de la même mani
les.

En effet, quand les trava
uve, quand une partie d
it pas croire que le fleuvi
sse à découvert une parti
ès qu'une barrière lui a
pe pas moins la portion d
n d'occuper ; seulement, p
entrepris, le courant est
facile et plus abondant, l
ome dans l'alluvion or
ment ; mais ce n'est qu'a
: l'atterrissement est for

alluvions artificielles ; n'est-ce pas par les mêmes caractères que la loi romaine et le Code civil ont défini les alluvions naturelles. (*) ? »

11. *L'omission, dans le Code, des alluvions dites artificielles n'est pas un oubli involontaire.* — Avant d'aborder la jurisprudence de l'autorité judiciaire dans cette matière, nous nous arrêterons encore, un instant, sur une remarque qui est faite assez fréquemment par les partisans de la thèse de la propriété exclusive des riverains, thèse que nous ne combattons que dans ce qu'elle nous semble avoir d'exagéré.

Le Code civil, fait-on observer, a omis de s'occuper des alluvions artificielles, et, à l'époque de sa rédaction, on ne pouvait guère prévoir les immenses travaux qui ont été exécutés de nos jours et qui ont donné naissance aux alluvions artificielles et à la question de droit qu'elles soulèvent. Est-ce vraiment là un oubli, une lacune du Code ?

Quand nous aurons fait une légitime part à ce qui est dit de l'extension plus grande donnée de nos jours aux travaux exécutés dans le lit des fleuves et rivières, nous contesterons le surplus de la remarque ci-dessus rapportée. À notre avis, ce n'est pas involontairement et par ignorance du phénomène des alluvions artificielles que les rédacteurs du Code n'y ont pas formulé, explicitement, la distinction entre l'alluvion artificielle et l'alluvion naturelle. Le titre II du livre II du Code civil « de la Propriété » a été promulgué le 6 février 1804. Or, à cette époque, les digues en rivière, et leurs effets variés sur le régime des rivières plus ou moins chargées de matières entraînées,

(*) Nous n'emprunterons que cette citation au discours de M. Dumon, pour ne pas allonger démesurément cette note ; nous rappellerons, toutefois, qu'il est d'un très-vif intérêt dans toute son étendue, et spécialement, dans la partie consacrée à la plus-value que la loi de 1807 autorise l'État à réclamer des riverains pour les avantages que les travaux publics leur ont procurés.

long
t a
tait
du
le t
Zod
érie
ivre
ntés
van
tel
Nou
esti
jà c
les
s s
ion
es c

nist
M, l
x.
ati,
iver
12 e
si
trat
nt
ciel
t, e
luy
solu
tr
x d

t qu'il n'a pas formellement accepté le regie-

ment de la question par la voie administrative précitée, reste libre d'ouvrir, devant l'autorité judiciaire, le débat sur la question de propriété, et le Gouvernement est obligé de l'y suivre. Nous en verrons ci-après un exemple caractéristique dans l'affaire des héritiers de Condé (C. C., 7 avril 1868). N'est-il pas clair, dès lors, que la marche administrative réglée par les articles 30 à 32 de la loi de 1807 est une voie transactionnelle qui ne tranche pas et ne saurait trancher la question de propriété, par ce double motif, d'une part, qu'intentionnellement, elle évite précisément d'ouvrir le débat sur la question de propriété, et, d'autre part, qu'une fois la question de propriété soulevée, soit par le riverain, soit, en juste réciprocité, par l'État, c'est à l'autorité judiciaire seule qu'il appartient de la trancher?

Nous arrivons ainsi à reconnaître qu'au point de vue du droit, en cette matière, c'est essentiellement de la jurisprudence de l'autorité judiciaire qu'il importe de se rendre un compte exact.

Jurisprudence de l'autorité judiciaire en matière d'alluvions artificielles.

15. *Arrêts caractéristiques* — Aucun compte rendu ne vaut la simple lecture de l'arrêt lui-même dans les questions essentiellement d'espèce dont il s'agit ici ; c'est ce qui nous décide à mettre à la suite de cette note le texte des arrêts les plus caractéristiques, quand ils ne se trouvent pas déjà insérés dans les *Annales des ponts et chaussées*.

En voici l'indication :

1^o Arrêt de la Cour de cassation du 8 juillet 1829 (Archinard) ;

2^o Arrêt de la Cour d'Agen du 8 novembre 1840 (de Ballias) ;

3° Arrêt de la Cour de cassation du 6 août 1848 (*) (Paris-Labrosse);

4° Arrêt de la Cour de cassation du 8 décembre 1863 (Petit);

5° Arrêt de la Cour de Bordeaux du 4 avril 1870 (Gièze);

6° Arrêt de la Cour de cassation du 7 avril 1868 (1) (héritiers de Condé);

7° Arrêt de la Cour de Paris du 6 août 1870 (1) (héritiers de Condé).

Les Cours d'appel, en la matière dont il s'agit, sont juges souverains, il importe de le remarquer, du *droit* et du *fait*. On ne rencontre ici que des décisions d'espèce où, en général, le point de droit pur n'est pas séparé du point de fait dans les motifs de l'arrêt (nous aurons à signaler cependant une exception, à cet égard, dans une partie des considérants de l'arrêt du 8 décembre 1863). En tous cas, la Cour de cassation, en vertu même de son institution, se borne à vérifier si la loi a été violée ou non, par l'arrêt qui lui est déféré; elle admet les points de fait tels qu'ils sont établis par la Cour d'appel, et l'on n'a pas de peine à s'expliquer qu'ici le point de fait a, le plus souvent, une influence prépondérante. La doctrine de l'autorité judiciaire, telle qu'elle se déduit à la fois des arrêts des Cours d'appel et de ceux de la Cour de cassation, est nécessairement une, car la Cour de cassation ne change sa jurisprudence que dans la circonstance, très-rare, où deux Cours d'appel per-

(*) Voir *Annales des ponts et chaussées*, 1849, page 337.

(1) Nous donnons cet arrêt, sur lequel l'attention est appelée particulièrement, avec des développements plus étendus que cela n'a été fait dans les *Annales des ponts et chaussées* (1869, p. 493), et en le faisant précéder de l'arrêt de la Cour de Rouen du 11 avril 1865 qui a été cassé. Quant à l'arrêt de la Cour de Paris du 6 avril 1870, rendu dans la même affaire, sur le renvoi de la Cour de cassation, nous l'avons inutilement cherché dans les recueils des arrêts qui étaient à notre disposition; nous le devons à l'obligeante communication d'un membre de la Cour de cassation (mai 1875).

istent, successivement, pour la même affaire, dans une doctrine rejetée une première fois en Cour de cassation, et alors le changement n'a lieu que dans la forme solennelle d'un arrêt rendu toutes chambres réunies. Disons, dès à présent, que rien de semblable n'a eu lieu pour la doctrine de l'autorité judiciaire dans les questions de propriété des alluvions artificielles, et passons à l'examen des arrêts indiqués ci-dessus.

14. *Arrêt de la Cour de cassation du 8 juillet 1829 (Archinard)*. — Le premier arrêt que l'on rencontre, celui de la Cour de cassation du 8 juillet 1829, rejette le pourvoi formé au nom de l'État, par le préfet de la Drôme, contre l'arrêt de la Cour d'appel de Grenoble du 30 août 1828, confirmatif d'un jugement du tribunal de Die du 5 juillet 1826 qui avait, au profit de deux riverains, repoussé la prétention de l'État de s'emparer d'atterrissements formés sur la rive droite de la Drôme.

La Cour de cassation rejette le pourvoi du préfet, en se basant sur le point de fait adopté par la Cour d'appel, à savoir : qu'il s'agit d'une alluvion telle qu'elle est définie dans l'article 556 du Code civil, ce qui exclut l'application de l'article 560, en se fondant, en outre, sur ce que, dans l'espèce, la circonstance des travaux faits à mains d'homme ne met pas obstacle à l'application des règles établies pour déterminer le caractère des alluvions, et sur ce que les mesures de police, en vue de la conservation de la libre navigation, ne peuvent pas être invoquées pour repousser l'application de l'article 556 du Code civil.

On trouve la même doctrine dans un arrêt de la Cour de Paris du 7 juin 1839 qui décide, contre le préfet de l'Yonne (régie du domaine de l'État), que les alluvions appartiennent toujours aux riverains, soit qu'ils résultent des travaux exécutés par l'État, soit qu'ils se forment par le retrait naturel des eaux.

Arrêt de la Cour d'Appel

. — L'un des documents dans cet ordre d'idées, et quelques-unes des considérables paragraphes de cet Agen du 11 novembre 1837, a été déclarée confirmée le 10 août 1838, par les juges. La netteté et la verve de la discussion des parties (l'administrateur propriétaire riverain de la rivière) ont une valeur considérable de citations qui en ont été extenso, ce qui vaut toujours.

éviter les redites, nous n'en
les premiers considérant
des articles 556 et 560
ons à l'attention du lecteur
e de l'article 41 de la loi
istration des domaines au
que puisque la loi donne
s accrues, atterrissement
ceux de ces objets form
ale, c'est que la loi l'en re
lu jugement établissent c
mots : « quant à ceux
é publique ou domaniale
uels sont les biens qui
e et domaniale de l'État, c
texte et par son esprit,
é, résistent à l'interpré
gement, dans les derniers
roit de l'État de réclamer

ité de plus-value au riverain, nul ne pouvant s'enrichir au détriment d'autrui, mais il déclare n'avoir pas eu à s'en occuper, la question de propriété étant seule soulevée, et nulle réserve n'ayant été faite quant à cette question de la plus-value.

16. *Arrêt de la Cour de cassation du 6 août 1848 (Paris-Labrosse)*. — Un arrêt de la Cour de cassation du 8 mars 1843 et un autre arrêt de la même Cour du 6 août 1848 maintiennent, dans des termes non moins favorables aux propriétaires riverains, la doctrine de l'arrêt de 1829. Les *Annales des ponts et chaussées* (1849, page 337) donnent l'arrêt du 6 août 1848, avec une notice suffisamment développée ; nous nous bornons à y renvoyer.

Quand nous aurons cité un arrêt de la Cour de Bourges du 17 mai 1839 (de Marguerye contre l'État et la compagnie des ponts de Saint-Thibault), qui établit que si les terrains litigieux sont partout inférieurs aux berges de la rive et couverts par les eaux navigables (1), ils doivent être considérés comme n'étant encore qu'une portion du lit ou tréfonds du fleuve, et comme manquant, par cela même, du caractère propre et tranché des alluvions dévolues de propriété, nous aurons passé en revue ceux des monuments de la jurisprudence que la commission de 1849 a été à même d'invoquer, quand son président a déclaré qu'il est ainsi démontré que la jurisprudence est opposée, jusqu'à présent, aux prétentions de l'État sur les alluvions artificielles.

17. Cette jurisprudence a-t-elle changé depuis, et

(1) Dans un certain nombre d'arrêtés de délimitation, on s'est basé sur les eaux navigables. C'est une erreur. Les besoins de la navigation sont étrangers à la constitution réelle des rives qui contiennent le *plenissimum flumen*. Lorsque le Conseil d'État a employé le mot d'*eaux navigables*, il a entendu désigner les eaux de pleins bords (M. Aucoc, *Leçons autographiées*).

admet-elle maintenant la distinction, anciennement repoussée, entre les alluvions naturelles et les alluvions provoquées par les travaux de l'État ?

Question délicate et qui commande la plus grande réserve, en ce sens que si, d'un côté (et c'est l'opinion que nous voulons soutenir ici), aucun changement ne nous semble survenu, au fond, dans la jurisprudence de l'autorité judiciaire, d'un autre côté, on peut signaler dans les arrêts de la Cour de cassation du 8 octobre 1863 et du 7 avril 1868, des considérants qui accentuent plus vivement que dans le passé la limitation du droit des riverains et le compte qui doit être tenu, au profit de l'État, de l'influence des travaux exécutés par lui, sur la production des atterrissements ; cette circonstance explique, mais, selon nous, ne justifie pas absolument, l'opinion qui soutient que l'autorité judiciaire se montrerait aujourd'hui plus favorable que précédemment aux prétentions de l'État, dans les questions de propriété des alluvions artificielles.

18. *Arrêt de la Cour de cassation du 8 décembre 1863 (Petit). Notice et analyse raisonnée des motifs.* — Le point de fait, dans le procès qui s'est terminé par l'arrêt de la Cour de cassation du 8 décembre 1863 (affaire Petit) est, en quelques mots, le suivant : M. Petit est riverain de la Touque, à quelques centaines de mètres à l'amont de son embouchure ; l'établissement, en 1840, de la route départementale de Saint-Pierre-de-Dives à Trouville, a eu pour conséquence de séparer du lit de la rivière une petite parcelle de terrain de 17 mètres de profondeur sur 11 mètres de largeur, qui se trouve ainsi comprise entre ladite route et la propriété de M. Petit, riveraine de la Touque, antérieurement à la création de la route. La parcelle détachée ainsi brusquement du lit de la Touque est revendiquée par M. Petit contre la commune de Trouville, à laquelle l'État avait fait abandon de son droit de propriété

nsidérée comme appartenant au tir du moment où elle a cessé de public.

inal de Pont-l'Évêque du 9 août
ir de Caen du 27 novembre 1861,
remiers juges pour confirmer les
s prétentions de M. Petit et met-
ouville en possession du terrain

la Cour de Caen à la Cour de cas-
Petit a fait porter le débat sur
ent importantes, connexes dans
es d'être envisagées séparément,
u lit d'un cours d'eau navigable,
dans la mer et des points où le
eaux sans débordement est in-
2° l'attribution de propriété des

e cassation du 8 décembre 1863
é, à raison de la définition qu'il
d'eau dans la partie où ils sont
s ; l'importance de ce point de
l'accord du Conseil d'État et de
t montré complet, a donné une
partie de l'arrêt ; nous n'avons
*), nous référant à ce qui en est
délimitation.

t dû, d'après le pourvoi de M. Petit,
veau des eaux de la Touque, sans se
ci le texte de la doctrine de la Cour

de cassation, en réponse à la thèse que soutenait le pourvoi :

« Attendu, en droit, que le lit des rivières comprend tout le
« terrain qu'atteignent et couvrent, dans les habitudes de leur
« cours et sans débordement, les eaux parvenues à leur plus haut
« point d'élévation, quelle que soit la cause de cette élévation, et
« alors même qu'elle serait le résultat du reflux périodiquement
« occasionné par les marées ordinaires. »

qui touche la seconde q
on remarquera certaine
notifs donnés par la Cour
droit pur, et que cette
grande valeur doctrinale
dites artificielles ; elle étu
ants :

uvion ne profitera au riv
ns les conditions détermi
atterrissements brusquem
eaux, ne s'incorporent
y soient adhérents, et ap
des fleuves et rivières na
deux points précédents se
déduite de l'article 556
par l'article 560 qui, s'il
aire, attribue à l'État le
ans le lit des rivières nav
même motif se fonde ens
oit pur, sur les constat
de la Cour de Caen, sav
et par l'effet immédiat d
le terrain litigieux, jusqu
ix, s'est distingué du lit
a été définitivement mis à
prend que, quand on ne
de cet arrêt, on est facil
avaux exécutés en rivièr
trait des eaux, constitu
ons suffisant pour que
utenir que l'alluvion s'es
évues par la loi, et c'est,
à croire que l'autorité ju
plus favorable aux prétent
nce antérieure. En réali

menter l'arrêt du 8 décembre 1863 ne nous semble pas très-correcte ; c'est, en effet, manquer de rigueur et de précision que d'omettre de tenir compte de la restriction que nous avons soulignée dans le troisième motif, et, en outre, du quatrième motif tout entier, qui vise les constatations de fait souveraines de la Cour d'appel. Or, ce quatrième motif ne se borne pas à constater qu'il y a eu des travaux exécutés par l'État ; il met surtout en relief deux effets de ces travaux, savoir : 1° la formation brusque, immédiate de l'atterrissement ou du terrain litigieux, et 2° la séparation définitive de ce terrain d'avec le lit de la Touque. D'où il suit que si ces conditions n'avaient pas été remplies, la décision de la Cour aurait pu être différente. Il en est de même de la restriction mentionnée ci-dessus dans le troisième motif, au sujet de laquelle la Cour a pris soin de viser la constatation souveraine, par la Cour d'appel, du fait qu'antérieurement aux travaux de l'État il n'était né aucun droit de propriété, au profit du riverain, sur le terrain litigieux. (Lire, à cet égard, le dernier des considérants de l'arrêt de cassation relatifs au premier moyen du pourvoi Petit.)

En résumé, l'arrêt de la Cour de cassation du 8 décembre 1863 n'implique aucun changement, au fond, dans la jurisprudence de l'autorité judiciaire, mais il accentue, plus nettement que par le passé, le point de droit d'après lequel le riverain ne peut revendiquer l'alluvion que quand celle-ci se forme dans les conditions définies par la loi, et, en outre, il établit que pour que l'État revendique utilement la propriété d'un atterrissement, dans le sens complet du mot propriété, il ne suffit pas que les travaux de l'État en aient provoqué la formation, il faut, en outre, qu'il n'existe pas de droit antérieur du riverain sur le terrain litigieux, — que celui-ci ait été formé dans des conditions autres que celles définies par la loi pour l'alluvion et, enfin, que le terrain ou l'atterrissement litigieux soit nettement et défi-

ement séparé du lit du cours
nché effectivement, matériellement
sceptible d'être possédé privativement.

.. *Arrêt de la Cour de Bordeaux*
et analyse raisonnée des motifs
he précédent, il s'est agi d'un
lit artificiel et brusque des eaux
exemple d'une autre nature
us de la formation perceptible
t, artificiellement provoqué,
in cours d'eau. C'est l'espèce
. Cour de Bordeaux du 4 avril
point de fait est, en résumé
lioration de la Garonne, en :
mmune de Blanquesfort, l'État
55, trois digues disposées de
le de Duras ou de Grattequina
e Grattequina, entre l'île et
e, se trouve barré complétement
extrémité aval de l'île, et que
l'extrémité d'amont de l'île, il
l'écoulement des eaux d'un a
ont eu pour effet, comme on
ulu, que les eaux chargées de
pénétré librement par l'ouve
n fermé à l'aval et compris
he, et que le dépôt des m.
ne dans un bassin d'épuration
propriétaire de l'île, M. Gièze
t, la propriété des alluvions au
celles-ci étant parvenues à une
susceptibles de propriété priv
aines se disposait à les vendre
résor, en accordant au riverain

le privilège de la préemption, dans l'esprit de la loi du 24 mai 1842, appliquée ici à la voie fluviale par analogie avec ce qui se fait pour les portions de routes nationales délaissées et passant du domaine public dans le domaine de l'État. M. Gièze (*) fonde sa revendication sur ce que les alluvions, ayant mis dix ans à se faire, se sont formées imperceptiblement et successivement, comme il est prévu à l'article 556 du Code civil qui les attribue au riverain.

Le tribunal de première instance, par un jugement en date du 27 janvier 1869, déclare Gièze mal fondé dans toutes ses demandes et le condamne aux dépens envers toutes les parties. Ce document nous a paru trop développé pour être reproduit ici; laissant de côté tous les détails de procédure, nous rappellerons seulement que les motifs du jugement sont essentiellement tirés des constatations de fait d'après lesquelles les atterrissements litigieux n'auraient en rien les caractères distinctifs, voulus par l'article 556, pour pouvoir être attribués au riverain. Ces motifs ont été adoptés par la Cour d'appel, à l'exception, toutefois, de celui qui tend à assimiler le bras fermé par une digue à un lac ou à un étang.

L'arrêt de la Cour d'appel du 4 avril 1870, que nous reproduit ci-après, dans les documents annexés, en supprimant les détails d'audience et de procédure inutiles à l'objet de cette note, reprend la question de savoir si l'article 556 est applicable dans l'espèce; il déclare d'abord que le bras de Grattequina, maintenant fermé à l'aval, n'est pas susceptible d'être considéré comme un lac ou un étang

(*) En première instance, il y avait eu, en outre, un troisième intervenant, M. Duffour, propriétaire sur la rive continentale qui mettait le droit de l'État, mais refusait de reconnaître celui de M. Gièze sur la totalité des atterrissements; nous ne nous y arrêtons pas ici, d'autant plus qu'en appel il s'était désisté de son intervention.

par l'article 558 du Code civil, mais il établit que les atterrissements litigieux n'ont aucun des caractères voulus par l'article 556 du Code, action lente et occulte exercée par les eaux courantes le long de leurs bords, — aléa dont les causes inconnues doivent, bonnes ou mauvaises, être portées contre le riverain ; il établit que dans l'espèce les atterrissements n'avaient rien d'imprévu ni d'éventuel, qu'ils ont été préparés par les travaux de l'État et imposés au fleuve de telle sorte que l'on a pu déterminer d'avance le moment de leur origine, celui de leur émergence et calculer la masse de vase quotidiennement déposée par les eaux, sans possibilité jamais d'être remportée par elles ; qu'en un mot les atterrissements sont le résultat direct, prévu et recherché par l'instrument de remblayage, mis en action par l'État sur son terrain, alors qu'il a la pleine propriété et possession de celui-ci, et que dès lors ils rentrent dans la classe de ceux qui, en vertu de l'article 560 du Code, sont attribués à l'État. L'arrêt ajoute qu'il faut en décider ainsi, sur ce que, lorsque, comme dans l'espèce, l'État, au commencement de ses travaux, a constaté par une délimitation, notifiée aux riverains, l'étendue et les limites du lit sur lequel il se préparait à opérer le remblayement par atterrissement, et qu'en procédant ainsi l'État a prévenu toute équivoque sur l'emplacement et sur la cause des atterrissements, et a rendu, par suite, inapplicable l'article 556 favorisant les accroissements alluvionnaires.

Les réflexions émises dans le § 18 ci-dessus, à la suite de l'analyse de l'arrêt du 8 décembre 1863 (affaire Petit), sont évidemment confirmées par l'arrêt du 4 avril 1871 (affaire Gièze). Nous appellerons accessoirement l'attention sur l'utilité et l'importance de la délimitation préalable et contradictoire du lit, et aussi sur les termes par lesquels l'autorité judiciaire caractérise l'emplacement sur lequel les atterrissements ont été provoqués ; appliqués au domaine public fluvial, ils nous paraissent in-

corrects, en ce sens que, s'agissant d'une surface non susceptible de propriété privée et affectée à la jouissance de tous, sous la garde de l'État, il n'est pas admissible d'en attribuer la pleine et entière propriété à l'État; mais si l'on a égard à ce que les digues exécutées par l'État avaient, *de fait*, retranché ledit emplacement du domaine public fluvial, et l'avaient fait passer dans le domaine de l'État, sans que, comme la délimitation incontestée le prouve, le riverain ait eu à faire valoir ni un titre, ni un droit qui fût, à l'époque de la délimitation, déjà à son profit, on reconnaît qu'il s'agit alors d'un terrain dont l'État avait en effet la pleine et entière propriété, comme appartenant au domaine de l'État.

20. *Remarques sur l'application de l'article 30 de la loi du 16 septembre 1807.* — L'arrêt de la Cour de cassation du 7 avril 1868 dans l'affaire des héritiers de Condé et l'arrêt de la Cour de Paris du 6 août 1870, introduisent dans l'étude de la question un élément nouveau qui ne figure pas dans les arrêts analysés plus haut, c'est l'application de l'article 30 de la loi du 16 septembre 1807; celle-ci constitue, comme nous l'avons fait remarquer déjà ci-dessus au § 12, la solution d'ordre purement administratif de la question des alluvions artificielles. L'exposé détaillé de la procédure à suivre pour ladite application sortirait des limites comme de l'objet même de la présente note; rappelons cependant qu'à côté de la double estimation des propriétés, par la commission spéciale qui est chargée de déterminer la plus-value, par la différence entre les valeurs de la propriété avant et après les travaux exécutés en tout ou en partie aux frais de l'État, l'un des éléments principaux de cette double expertise lui est fourni par deux opérations de délimitation du lit de la rivière, la première exécutée à l'origine des travaux et faisant connaître la limite à partir de laquelle il va y avoir

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

sur le domaine public, et la deuxième effe-
 und les dépôts alluvionnaires ont acquis la haute
 nsistance ou, comme on dit, la maturité jugé
 res pour constituer la nouvelle rive du cours d'e
 ns aussi que si l'acquiescement du riverain est
 éléments de la solution, en ce que, s'il le ju
 le à ses intérêts et tant que ce consentement n'e
 né, il est toujours libre de soulever, contre l'Éta
 ion de propriété devant les tribunaux ; d'un aut
 délimitation du lit, avant et après l'opération de
 e des terrains, s'impose à l'autorité judiciair
 opération préjudicielle à toute décision de
 ce sujet, rappelons enfin deux points essentiels
 avoir : la nécessité, aux termes de l'article 52
 16 septembre 1807, d'avoir recours à un déci
 en Conseil d'État, pour déclarer l'article
 le aux propriétés intéressées, lorsque le Gouver
 se propose de revendiquer l'indemnité de pla
 ont il s'agit, et la nécessité de procéder à la dé
 i contradictoire du lit, soit avant l'entreprise de
 e à faire sur le domaine public, soit, du moins,
 ent où il est encore possible de constater les limite
 rimitif. Sans cette dernière précaution, il pourr
 qu'au moment de la seconde délimitation, celle q
 bjet de reconnaître si les atterrissements sont sort
 t susceptibles de possession privative, en fixant
 e limite du lit, il pourrait arriver, disons-nous, q
 erche de la *limite ancienne* qui n'aurait pas été a
 ativement constatée, fût considérée comme n'étan
 la compétence exclusive de l'autorité administr
 revendiquée par les tribunaux (*).

st, en effet, dans ce sens que la question de compétence
 détermination des *limites anciennes* est tranchée par la dé
 cente du tribunal des conflits du 1^{er} mars 1873 (Guillé).

21. *Arrêt de la Cour de cassation du 7 avril 1868 (héritiers de Condé). Notice succincte.* — Passons maintenant à l'examen de l'arrêt de la Cour de cassation du 7 avril 1868 (affaire des héritiers de Condé contre l'État).

L'analyse assez développée que nous donnons ci-après, dans les documents annexés, des antécédents de l'affaire, nous permet d'en réduire ici l'exposé à un résumé très-succinct.

Les héritiers de Condé sont propriétaires de prairies connues sous le nom de Marais-Vernier et situées près de Quillebeuf, non loin de l'embouchure de la Seine.

En vertu de la loi du 31 mai 1846 et du décret du 15 janvier 1852, autorisant et dotant de crédits l'endiguement de la basse Seine, trois décrets impériaux des 15 janvier, 15 août 1853 et du 15 juillet 1854, déclarent, dans l'intérêt de l'État, les dispositions de l'article 30 de la loi du 16 septembre 1807 *applicables* aux propriétés privées de l'une et l'autre rive de la Seine qui acquerraient une plus-value, par suite de l'exécution des travaux d'endiguement de la Seine, et indiquent, pour le montant de l'indemnité réclamée à ces propriétés, la moitié de l'estimation des avantages qui en résultent pour elles.

Parmi les mesures administratives prises à cette occasion, on rencontre l'arrêté de délimitation du préfet de l'Eure, du 23 février 1854, approuvé par le ministre des Travaux publics le 24 mars suivant, sans qu'il se soit produit aucune opposition contre ledit arrêté qui fixe les limites des deux rives du fleuve, à la date indiquée.

Après l'exécution des premiers travaux, une étendue considérable d'atterrissements se forme derrière les endiguements, avec adhérence tant au talus intérieur de la digue — qu'à l'ancienne rive fluviale. — Pendant les années 1857 à 1861, le domaine fait vendre les herbes que produisent lesdits atterrissements, au profit du trésor, sans rencontrer d'abord aucune opposition (pour les huit années

de 1857 à 1865, ces ventes ont rendu plus de 120,000 fr.). Par exploit du 6 janvier 1862, les héritiers de Condé se prétendant, *hic et nunc*, propriétaires desdits atterrissements, en vertu des articles 556 et 557 du Code civil, assignent l'État devant le tribunal civil de Pont-Audemer, pour obtenir sa condamnation pour avoir vendu, sans droit, des récoltes excrues sur les terrains des demandeurs, et pour avoir à restituer, dès lors, le prix de ces récoltes et payer des dommages-intérêts.

Le jugement de ce tribunal, du 12 juin 1863, déboute les demandeurs de leurs prétentions, dans les termes que nous avons reproduits dans les documents annexés. Il admet, en résumé, qu'ici la loi du 16 septembre 1807 fait la loi des parties, et qu'il n'y a pas lieu de faire application de l'article 556 du Code civil.

Analyse raisonnée de l'arrêt de la Cour d'appel de Rouen, du 11 avril 1865, qui a été cassé. — Sur l'appel des héritiers de Condé, la Cour d'appel de Rouen rend, le 11 avril 1865, l'arrêt que l'on trouvera, *in extenso*, dans les documents annexés, et qui contient, en substance, les considérations suivantes :

Les deux premiers considérants rappellent, d'une part, que l'État entend rester maître des fruits de l'atterrissement litigieux jusqu'au moment où, les travaux étant terminés et la conquête sur le domaine public étant complètement réalisée, il remettra le terrain au riverain, et recevra de celui-ci l'indemnité de plus-value, et, d'autre part, que le riverain s'attribue, dès à présent, un droit absolu sur les fruits au fur et à mesure que le terrain se forme, la livraison définitive du terrain par l'État n'ayant pour objet, suivant lui, que de mettre le riverain en possession de la chose dont il n'aura eu jusque-là que les fruits : dans le 3^e considérant, l'arrêt déduit de ces prémisses que c'est là une question de propriété dont la

solution est exclusivement du ressort de l'autorité judiciaire, et que, pour la résoudre, il suffit de savoir si le terrain en litige est, ou non, une alluvion dans le sens de la loi.

Faisons remarquer de suite que ce troisième considérant est entaché d'une erreur ou omission grave. Le point à mettre en évidence, pour qu'il n'y ait plus qu'une question de propriété, est, en effet, tout d'abord, de savoir si l'atterrissement est déjà susceptible d'être possédé privativement, autrement dit, s'il est sorti du lit du fleuve. On vient de voir que l'État le revendique encore pour le domaine public ; au lieu d'une question de propriété, c'est, dès lors, une question de non-propriété qu'il s'agit de résoudre, et de l'espèce de celles où la loi ne donne compétence qu'à l'autorité administrative.

Le 4^e considérant rappelle la doctrine constante de l'autorité judiciaire sur la définition de l'alluvion légale, en disant que c'est l'accroissement qui advient d'une façon successive et imperceptible à la rive, sans distinguer le cas où il se produit indépendamment d'un acte quelconque de l'industrie humaine, du cas où l'atterrissement résulte du concours de faits purement naturels et de travaux d'art accomplis par les soins et aux frais, soit de l'État, soit des particuliers.

Le 5^e et le 6^e considérant sont consacrés à établir le point de fait de la cause, à savoir que l'atterrissement, préparé et facilité, sans aucun doute, par l'endiguement de la Seine, n'a cependant pas été soudain, mais qu'il s'opère par progrès insensible et que sa formation est l'œuvre directe d'un fait naturel, du jeu alternatif des marées, favorisé par le fait artificiel de la construction des digues. L'arrêt en conclut (*), dans le 6^e considérant, qu'il s'agit,

(*) Cette conclusion suppose, ce qui n'est pas exact, que l'atterrissement est devenu une alluvion par son émergence au-dessus des eaux de pleins bords.

dès lors, de l'alluvion légale appartenant au riverain, sans nécessité de concession d'aucune sorte ; il annonce, en outre, qu'il va chercher une autre preuve dans les actes administratifs intervenus.

Les 7°, 8° et 9° considérants rappellent ces actes administratifs : arrêté du 6 décembre 1853, par lequel le préfet de l'Eure propose d'appliquer l'article 30 de la loi de 1807 aux propriétés riveraines voisines de l'endiguement et de leur réclamer une indemnité égale à la moitié de la plus-value qu'acquerraient ces propriétés ; — arrêté du 23 février 1854 portant constatation des limites du lit à ce moment, pour servir de base et de point de départ aux expertises ultérieures relatives à la plus-value. Enfin, décret du 15 juillet 1854, délibéré en Conseil d'État, par lequel, conformément à l'article 32 de la loi de 1807, il est déclaré *souverainement* que les dispositions de la loi de 1807 sont appliquées aux propriétés riveraines en question. Dans le 10° considérant, l'arrêt se fondant sur ce qu'il suffit de prendre ces actes administratifs à la lettre, sans qu'il soit aucunement besoin de les interpréter, constate que, pour la Cour, il n'y a pas lieu de surseoir à statuer jusqu'à ce qu'ils aient été interprétés par l'autorité administrative.

Les 11° et 12° considérants sont, principalement, ceux que frappe l'arrêt de cassation. La Cour d'appel y a entendu, en effet, déduire des actes administratifs précités, non-seulement que l'atterrissement formé entre l'ancienne rive délimitée de la Seine et l'endiguement, *appartiendra*, par droit d'accession, aux propriétaires riverains, à la charge par eux de payer au trésor l'indemnité de la plus-value (ce qui, en la forme du futur, nous paraît une conclusion irréprochable), mais encore (et cette partie de la conclusion est des plus contestables), qu'il y a là, non pas une concession en expectative, mais une *reconnaissance actuelle de propriété*. — Le 12° considérant en déduit, pour le riverain, le droit à la jouissance de tous les fruits, et pour la Cour,

la compétence d'en décider ainsi, en disant que la Cour ne juge par là rien qui touche à l'exécution des travaux et que l'autorité administrative garde le pouvoir de délivrer les terrains quand elle l'estimera convenable.

Dans le dispositif, enfin, la Cour d'appel met à néant le jugement du tribunal de Pont-Audemer; se déclare compétente sur la question de propriété comme sur celle de jouissance des fruits de l'atterrissement, objet du procès; — Juge qu'il n'y a pas lieu à interprétation préalable, par l'autorité administrative, ni de l'arrêté de délimitation du 23 février 1854, ni du décret du 15 juillet 1854; — Déclare les héritiers de Condé propriétaires, par droit d'accession, des alluvions qui se sont formées ou qui pourront se former au droit de leur propriété, le long de la Seine; — Ordonne que restitution leur sera faite, par l'État, du prix des ventes des herbes excrues sur lesdites alluvions, si mieux n'aime l'État que ledit prix soit imputé, jusqu'à due concurrence, sur le montant de l'indemnité de plus-value, quand celle-ci sera exigible.

Tel est l'arrêt que le préfet de l'Eure, au nom de l'État, a déferé à la Cour de cassation et qui, en effet, a été cassé par l'arrêt du 7 avril 1868.

On trouvera, ci-après, dans les documents annexés, le texte de la partie principale de cet arrêt de la Cour de cassation; il n'est pas interprété dans le même sens par tous ceux qu'il intéresse, comme monument de la jurisprudence.

Analyse et interprétation raisonnées de l'arrêt de la Cour de cassation du 7 avril 1868. — Examinons d'abord comment en lui donnant une portée, selon nous exagérée, on peut être amené à en déduire que l'autorité judiciaire admet aujourd'hui la distinction, autrefois repoussée, entre les alluvions naturelles et les alluvions artificielles et attribue la propriété de ces dernières à l'État.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

termes cet arrêt est résumé dans l'un des répandus (Dalloz) :

l'Etat, avant d'entreprendre des travaux sur une rivière navigable, a fait opérer la rectification de cette rivière, et a déclaré qu'il entend réserver les propriétés riveraines, conformément à l'arrêté du 16 septembre 1807, une portion de ces propriétés qu'acquerraient ces propriétés, — les propriétés qui se forment ultérieurement le long des rives, par l'effet des travaux, ne constituent pas une propriété qui puisse être revendiquée par les riverains en vertu de l'article 556 du Code civil. Ces propriétés demeurent la propriété de l'Etat qui, par son droit exclusif de percevoir les produits qu'elles produisent, et ils n'appartiendront aux riverains que si l'Etat leur en aura fait l'abandon, dans les conditions établies par l'article 30 précité de l'arrêté du 16 septembre 1807. »

Il faut lire ce compte rendu, parce que dans les termes ci-dessus il exprime, avec précision, la pensée de l'Etat, selon nous, dans un sens exagéré, à l'arrêt de la Cour de Cassation, parce qu'il a peut-être contribué à répandre l'erreur sur laquelle nous nous proposons de montrer

l'origine et à l'explication à en donner, elles sont, d'ailleurs, dans la forme même (que nous ne discutons au fond) de la rédaction du 4^e considérant de l'arrêt; voici, en effet, le texte de ce consi-

« Il n'est pas contesté par les juges du fait, et nous ne pouvons même alléguer dans les conclusions qui nous sont présentées, devant eux, par les défendeurs, qu'avant l'exécution des travaux, il existât, dans la partie contiguë aux Marais-Vernier et adhérent à ce terrain, aucun atterrissement ayant caractère d'allu-

« *vien ; que, d'autre part, il est reconnu, par l'arrêt atta-*
« *qué, que les atterrissements, revendiqués par les défen-*
« *deurs, ont été préparés par les travaux d'endiguement,*
« *d'où la conséquence qu'à l'époque où a commencé l'entre-*
« *prise, et où, en conformité de la loi de 1807, il a été*
« *procédé, contradictoirement avec les représentants légaux*
« *des riverains, à la délimitation du lit du fleuve, la partie*
« *où se sont formés, par suite, les atterrissements litigieux,*
« *n'avait pas cessé d'être LA PROPRIÉTÉ EXCLUSIVE DE L'ÉTAT,*
« *qui a pu, en vertu de l'article 41 de la même loi, en dis-*
« *poser comme il l'a fait par les trois décrets susvisés de*
« *1853 et de 1854.* »

Il faut bien reconnaître qu'au premier abord, la rédaction qu'on vient de lire semble justifier l'appréciation ci-dessus de l'arrêtiste ; en effet, le soin que prend la Cour de faire ressortir que devant le juge souverain du fait, il est mis hors de doute que les travaux seuls ont provoqué la formation des atterrissements, et qu'avant ces travaux il n'en existait pas trace, les mots de *propriété exclusive de l'État*, employés pour qualifier la partie du fleuve où se sont formés les atterrissements litigieux, et enfin l'invocation de l'article 41 de la loi de 1807 qui, comme on sait, autorise l'État à concéder les biens publics ou domaniaux énumérés dans ledit article, — cet ensemble de considérations, mises en avant, est bien de nature à laisser croire, tout d'abord : 1° que la Cour admet maintenant la distinction autrefois repoussée entre les alluvions naturelles et les alluvions artificielles, et 2° que la propriété de ces dernières appartient à l'État.

Mais quand on examine l'arrêt plus au fond que dans sa rédaction, l'appréciation précédente ne tarde pas à faire place à une autre qui semble la seule admissible. Que prouve, en effet, le considérant en question ? C'est qu'il s'agit ici d'une surface qui appartient encore au lit du fleuve, au domaine public. D'où il suit qu'elle

est indisponible et va le demeurer jusqu'à ce que la délimitation légale ait constaté que les atterrissements formés sont hors du lit, mûrs et susceptibles de propriété privée. Personne ne songera, sans doute, à soutenir que l'article 41 de la loi de 1807 donne au Gouvernement la faculté d'aliéner les choses ou les biens du *domaine public*, et ce n'est pas non plus dans un pareil ordre d'idées que l'article 41 (*) se trouve invoqué dans le considérant en question, car ce considérant indique et limite explicitement le droit de l'État dont il s'agit ici; ce n'est pas le droit absolu de propriété, mais celui de disposer des atterrissements litigieux comme il l'a fait par les décrets susvisés de 1853 et de 1854, autrement dit le droit incontesté et incontestable de faire encaisser par le trésor l'indemnité de plus-value due par le riverain, quand le moment

(*) L'article 41 de la loi du 16 septembre 1807 n'est pas générateur d'un droit de propriété pour l'État, comme nous l'avons déjà fait remarquer à l'occasion de l'arrêt de la Cour d'Agen du 11 novembre 1840. Il se rattache à l'idée nouvelle proclamée par l'Assemblée constituante qu'il n'est pas bon que l'État possède longtemps de simples propriétés foncières qui, en ses mains comme en celles de toutes autres personnes morales, sont frappées de stérilité, mais deviennent plus productives lorsqu'elles sont livrées, par des aliénations, aux efforts de l'activité individuelle. A côté de ce principe, puisé aux saines notions de l'économie politique, il y en a un autre posé par l'article 8 de la grande loi des 22 novembre-1^{er} décembre 1790, base de toute la législation française en matière d'aliénation des biens du domaine, à savoir, *qu'aucune aliénation domaniale ne doit avoir lieu qu'en vertu d'une loi*. Ce second principe souffre des exceptions spécifiées par quelques lois postérieures à 1790, et l'article 41 de la loi de 1807 a, précisément, pour but d'énumérer certaines dépendances du domaine public ou du domaine de l'État, pour lesquelles, à la condition, bien entendu, qu'elles soient vendables ou rendues telles, le Gouvernement a la faculté de faire des concessions par lui-même, sans qu'une loi spéciale doive autoriser chaque concession; mais il est clair que toute contestation sur l'objet même de la concession et sur le droit de propriété de l'État ne peut être vidée que par l'autorité judiciaire. (Voir le *Cours de droit administratif* de M. Ducrocq, tome II, pages 116, 154 et 156.)

en sera venu, et quand toutes les formalités légales auront été accomplies. Jusqu'à ce moment, il n'y a pas, et il ne peut pas y avoir de question de propriété engagée pour les atterrissements (*).

Une lecture attentive du 6^e considérant et du dispositif de l'arrêt en question donnera, croyons-nous, la conviction que tel est, au fond, le sens de l'arrêt en question. Qu'on le remarque, en effet, l'arrêt de la Cour de Rouen est cassé pour fausse application de l'article 556 du Code civil, et cette fausse application se trouve constituée par cette circonstance, que la Cour de Rouen a déclaré les riverains propriétaires d'atterrissements non sortis légalement du lit du fleuve, et qu'elle en a attribué les produits auxdits riverains, alors que ces produits ne pouvaient appartenir qu'à l'État, chargé de la garde et de l'administration des choses du domaine public; l'arrêt est en outre

(*) A ce sujet, nous appellerons aussi l'attention sur le cinquième considérant de l'arrêt, dont la rédaction, non pour le fond, mais dans la forme, nous semble aussi prêter le flanc à une interprétation erronée; il y est dit que les décrets susvisés de 1853 et 1854 contiennent la *promesse éventuelle* de l'État d'abandonner en toute propriété aux riverains, moyennant l'indemnité de plus-value à verser au trésor, les atterrissements litigieux nés et à naître. Assurément, une promesse de ce genre est, au fond, impliquée, moins toutefois dans lesdits décrets, qui ne stipulent réellement aucune promesse, que dans les transactions auxquelles ces décrets donneront naissance, et qui vont intervenir entre l'État et le riverain au sujet de la question de propriété des atterrissements. Mais tant que le riverain ne s'est pas lié par une acceptation formelle qui prévient tout débat sur la question de propriété, par l'accord voulu des parties en présence, cette question demeure ouverte, et le jour où les alluvions sont mûres, elle peut être portée devant les tribunaux ordinaires, juges souverains du fait et du droit en cette matière. Il n'y a donc pas, dans l'espèce, et les débats judiciaires intervenus le prouvent surabondamment, promesse dans le sens rigoureux du mot; de ce que le riverain est libre, jusqu'au bout de l'entreprise, de faire valoir son droit à la propriété des alluvions, il suit que l'autorité judiciaire proclamerait aussi, le cas échéant, le droit corrélatif qu'elle viendrait à reconnaître à l'État.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

tion des articles 41 et 30 de la loi de 1807, on résulte aussi de la circonstance qu'on r; car du moment que l'on reconnaît ant ne le fait l'arrêt de la Cour de Rouen, la *tiato ou actuelle* des atterrissements litigieux complet du mot propriété, il est bien empêché l'État de faire valoir son droit sur rien du domaine public, et son droit de rérain l'indemnité de plus-value, quand le a venu.

la Cour de Paris du 6 août 1870. (Héritier, affirmation de l'interprétation donnée à l'arrêt de cassation du 7 avril 1868.— L'interprétation

Cour de cassation du 7 avril 1868, telle sommes attaché à la justifier dans le parant, se trouve confirmée par une autorité cette matière, par la Cour d'appel de Paris ure a été renvoyée, après la cassation de ur de Rouen. L'arrêt de la Cour de Paris août 1870; si cette Cour avait adopté aussi e la Cour de Rouen, l'affaire serait revenue de cassation, qui se serait trouvée amenée à el arrêt dans la forme solennelle de la réales chambres. Rien de semblable n'existe a rine de la Cour de cassation à laquelle l'ar-de Paris adhère complètement, et qu'elle une forme qui nous semble supérieure à du 7 avril 1868 : on en jugera par la lecture

Cour de Paris que nous reproduisons, en s documents annexés à la présente note. cet arrêt est si précis et si clair que nous ons d'en donner une analyse qui risquerait portée; nous aurions été plutôt tenté d'en out le 7^e considérant qui présente, appliquée

à l'espèce et dans une forme où pas un mot ne nous semble à changer, la doctrine que nous avons voulu soutenir. Nous ferons remarquer, en particulier, le soin qu'a pris la Cour de Paris de proclamer que les atterrissements litigieux, dans l'espèce, appartiennent encore au domaine public, employant ainsi le mot propre et caractéristique, au lieu de se servir de la formule sujette à doute et à interprétation qu'avait employée la Cour de cassation et qui consistait à dire que lesdits atterrissements sont demeurés la propriété exclusive de l'État. En même temps l'arrêt de la Cour de Paris montre nettement que la fausse application de l'article 556 par la Cour de Rouen résulte de ce que, dans le moment actuel, les atterrissements litigieux n'étant pas encore consolidés à l'état de terrain définitivement émergé, il ne saurait y avoir lieu de reconnaître au riverain, quant à présent, le droit d'accession de l'alluvion prévu et réglé par ledit article 556.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Essayons maintenant de résumer les considérations développées dans les paragraphes précédents et d'en dégager la réponse à faire à la question posée, au commencement de cette note, au sujet des droits de l'État et du riverain sur les alluvions artificielles.

1. *Pas de question de propriété avant la maturité des alluvions.* — Avant tout, il convient de ne pas perdre de vue que la question de propriété n'est pas susceptible d'être débattue devant les tribunaux, tant que les atterrissements litigieux sont encore compris dans le domaine public fluvial, et qu'il appartient exclusivement à l'adminis-

on, sous le contrôle du Conseil d'État, de reconnaître et constater les limites naturelles et actuelles du domaine public (*).

Alluvions artificielles mûres. — En ce qui touche les alluvions mûres, où l'autorité judiciaire est seule compétente pour en décider l'attribution de propriété, suivant les cas, au riverain, soit à l'État, les principes fondamentaux directeurs sont ceux qui sont inscrits dans le Code civil. *Question de propriété tranchée au profit du riverain.* Une alluvion appartient au riverain toutes les fois que le fait et du droit constate et reconnaît qu'il y a eu accretion à la rive (qui peut être celle d'une île aussi bien que celle d'un continent) et que la formation en a été successive et imperceptible. Quand ces conditions, déduites de la définition légale de l'alluvion, sont remplies, il n'y a pas lieu à l'expropriation (**), du moins d'après la jurisprudence en vigueur.

L'incompétence de l'autorité judiciaire, pour la délimitation du domaine public fluvial et maritime, n'est pas admise dans le droit absolu, tel que nous venons de le formuler d'après la doctrine du Conseil d'État, ni par l'autorité judiciaire, ni par le nouveau Code des conflits. (Voir la note sur la délimitation des cours d'eau, *Annales des ponts et chaussées*, cahier d'octobre 1874.) Toutefois le dissentiment ne porte plus que sur un seul point : l'autorité judiciaire persiste encore à se considérer comme compétente pour reconnaître si, dans la délimitation du domaine public faite par l'administration, il y a eu lésion, ou non, d'un titre ou d'un droit de propriété privée, et pour prononcer, dans le cas de lésion, non la réintégration dans le droit, mais une indemnité de dépossSESSION. Nous avons exposé, dans la note précitée, les raisons pour lesquelles cette doctrine de l'autorité judiciaire paraît contraire à la conséquence logique du point de départ commun aux deux autorités, et inconciliable avec le principe de la séparation des pouvoirs qui interdit à l'autorité judiciaire l'appréciation des actes de l'autorité administrative, à moins d'un texte spécial contraire qui fait absolument défaut en cette matière.

Nous nous faisons un devoir de rappeler ici qu'à côté de l'appréciation, telle que nous venons de la formuler, comme conclusion de notre examen, et par conséquent, en termes qui paraissent un peu absolus, peut-être, il existe une autre opinion plus

jusqu'à ce jour, à distinguer si des ouvrages de main d'homme ont été, à côté des causes naturelles, l'occasion et la circonstance *adjuvante* de la formation de l'alluvion, dite alors artificielle ; mais l'État n'est pas empêché, pour cela, de faire valoir ses droits à une indemnité de plus-value, en raison des travaux faits, et en compensation des dépenses supportées par lui, pourvu, d'ailleurs, que toutes les formalités légales voulues soient remplies, en vue de la revendication de ladite plus-value.

2^e Question de propriété tranchée au profit de l'État. — Toutes les fois que l'État pourra établir, avec succès, que l'alluvion ne s'est pas formée dans les conditions de sa définition légale (*formation successive, imperceptible, avec adhérence à la rive, de manière à en être comme le prolongement*) et qu'elle est, d'ailleurs, le résultat des travaux et dépenses de l'État, l'autorité judiciaire *sera empêchée* d'en attribuer la propriété au riverain et l'attribuera à l'État (*).

favorable à l'État, et qui nous impose une grande réserve. Lorsque des atterrissements se déposent en arrière d'une digue ne constituant pas une rive nouvelle, les phénomènes de leur formation sont si complexes que la part à faire, respectivement à ce qui est dû aux causes naturelles et à ce qui est la conséquence exclusive de l'influence de la digue, constitue un problème à peu près insoluble. Appliquant le principe que nul ne peut s'enrichir aux dépens d'autrui, les partisans de l'opinion dont nous faisons ici brièvement la réserve, pensent que dans tous les cas où il est reconnu qu'antérieurement à l'exécution de la digue il n'y avait pas trace d'alluvion (d'où, par suite, la présomption que les atterrissements sont dus exclusivement à l'influence de la digue), la tendance actuelle de l'autorité judiciaire est d'en attribuer la propriété à l'État qui pourra les concéder en vertu de l'article 41 de la loi du 16 septembre 1807, sauf à respecter, au profit du riverain, le privilège de la préemption qui est ici, en sa faveur, dans l'esprit de la loi du 24 mai 1842 et dans celui de l'article 53 de la loi de 1807.

(*) Se reporter aux espèces caractéristiques de l'arrêt de la Cour de cassation du 8 décembre 1863 (affaire Petit), et de l'arrêt de la Cour de Bordeaux du 4 avril 1870 (Gièze).

On peut se demander s'il ne naît pas, en pareil cas, au profit

III. Alluvions artificielles naissantes. Mesures transactionnelles et concessions anticipées. — En ce qui touche les *alluvions artificielles naissantes* :

Étant entendu, comme il est dit dans la conclusion I, que la question de propriété ne devient un litige, devant l'autorité judiciaire, que lorsque ces alluvions sont mûres, étant entendu aussi qu'il ne s'agit pas d'une digue formant une rive nouvelle,

Il est incontestable, d'une part, que le riverain n'a encore aucun droit à faire valoir sur la propriété des alluvions naissantes, et, d'autre part, que rien ne s'oppose à ce que l'État aliène les droits qu'il a, comme gardien-conserveur et administrateur du domaine public fluvial, à la jouissance immédiate desdits atterrissements. De plus, c'est là le côté essentiellement pratique de la question, consacré déjà, d'ailleurs, par de nombreuses applications faites par l'administration, il sera, le plus souvent, opportun et de bonne administration de tenter la voie des transactions avec les riverains, en cherchant, dans des actes de concession anticipée, à concilier les droits de l'État, sous forme d'indemnité de plus-value à payer au trésor, avec les droits de propriété qui pourraient être éventuellement et ultérieurement reconnus par l'autorité judiciaire en faveur du riverain (*).

du riverain, un droit à indemnité, lorsque l'État, comme c'est son droit et même, dans l'intérêt général, son devoir, aliénera l'alluvion et introduira un nouveau riverain au préjudice de l'ancien. L'autorité judiciaire n'a pas à en connaître, puisqu'il s'agit alors d'un dommage résultant de travaux publics, dont l'appréciation, comme dommage direct ou indirect, appartient au juge de l'ordre administratif. Accorder alors au riverain le privilège de la préemption, dans l'esprit de la loi du 24 mai 1842, ce sera incontestablement un acte de bonne administration et une solution souverainement équitable.

(*) On prévient ainsi, très-avantageusement, dans la plupart des cas, la naissance même du litige sur la question de propriété, et les incertitudes qu'il comporte encore dans l'état actuel de la jurisprudence; nous n'aurions quelque chose à changer à cette

ANNEXES.

N° 1.

Arrêt de la Cour de cassation du 8 juillet 1829. — (Archinard.)

La Cour,

Sur le grief résultant des articles 556 et 560 du Code civil : — Attendu, en droit, que lesdits articles 556 et 560 comprennent également les atterrissements dans leur contexte ; mais que, dans le deuxième de ces articles qui attribue à l'État les atterrissements, îles et îlots, il s'agit uniquement de ceux qui se forment dans le lit des fleuves et rivières navigables, tandis que par l'article 556, les accroissements et atterrissements qui se forment successivement et imperceptiblement aux fonds riverains d'un fleuve ou d'une rivière navigable appartiennent aux propriétaires riverains ; — Attendu, en fait, que l'arrêt attaqué, en adoptant les motifs du jugement de première instance, reconnaît que les atterrissements et graviers revendiqués par l'État se sont formés sur la rive droite de la Drôme, soit par une alluvion insensible, soit par les relais que forme l'eau courante qui se retire, ce qui excluait l'application de l'article 560 du Code civil, et justifiait l'application qui a été faite de l'article 556 du même Code ; — Attendu que la circonstance des travaux faits à main d'homme n'a pu, dans l'espèce particulière, être obstacle à l'application des règles établies pour déterminer le caractère des alluvions, puisque l'arrêt constate, en fait, que cette alluvion a été insensible, ce qui exclut l'idée d'un changement immédiat opéré par ces travaux ; — Attendu enfin que la mesure de police établie par les articles 42 et 44, titre 27, de l'ordonnance de 1669, pour la conservation de la libre navigation, ne peut être invoquée pour repousser l'application de l'article 556 du Code civil, alors surtout que l'arrêt constate que la digue faite en 1785 l'a été sur le plan donné par l'administration des ponts et chaussées ; — Rejette, etc.

Conclusion que si, contrairement à notre appréciation, devant l'autorité judiciaire, devait prévaloir, un jour, l'opinion d'après laquelle l'État a formellement droit à la propriété des alluvions artificielles, dans le sens expliqué dans la réserve faite ci-dessus à la conclusion II, parce qu'alors, évidemment, l'application de l'article 30 de la loi du 16 septembre 1807 deviendrait préjudiciable au trésor.

N° 2.

10 août 1838. — Jugement du tribunal d'Agen ainsi conçu :

Préfet de Lot-et-Garonne contre de Ballias. — Le tribunal ; — Attendu que le droit des riverains aux terrains qui se joignent à leurs propriétés sur le bord des rivières, est un principe non-seulement de droit civil, mais encore de droit naturel : *Quod per alluvionem agro tuo flumen adjicit, jure gentium tibi acquiritur* (Just., *De rerum divisione*, § 20) ; — Attendu que ce principe repose à la fois sur la force de l'accession et sur la compensation qu'il est juste d'établir entre les inconvénients et les avantages attachés à la riveraineté des fleuves ; — « Les alluvions, disait M. Portalis (exposé des motifs du Code civil, titre de la Propriété), doivent appartenir au propriétaire riverain, par cette maxime naturelle que le profit appartient à celui qui a été exposé à souffrir le dommage, dont les propriétés riveraines sont menacées plus qu'aucune autre. Il existe, pour ainsi dire, une sorte de contrat aléatoire entre le propriétaire du fonds riverain et la nature, dont la marche peut à chaque instant ravager ou accroître ce fonds ; » — Attendu que l'article 556 du Code civil, édicté sous l'influence de ces principes, qualifie d'alluvions les atterrissements qui se forment successivement et imperceptiblement aux fonds riverains d'un fleuve ou d'une rivière, et adjuge aux propriétaires riverains ces atterrissements ; — Attendu qu'il est remarquable que cet article n'ajoute pas aux deux conditions résumées par ces mots, *successivement et imperceptiblement*, la condition extensive mise en avant par le domaine, que les atterrissements se sont formés naturellement et spontanément, que cette seule considération doit faire proscrire sa distinction, car il n'est pas permis d'ajouter à la loi ; mais qu'au surplus, dans les principes purs du droit, l'alluvion n'est qu'une dérivation du droit d'accession ; c'est sous cette rubrique que le législateur s'en occupe ; or l'article 546, qui n'est que la définition et le principe générateur du droit dont le législateur déduit et classe tous les développements sous les articles suivants, dispose formellement que la propriété d'une chose, soit mobilière, soit immobilière, donne droit sur tout ce qui s'y unit, soit naturellement, soit artificiellement ; d'où il suit bien évidemment que, dans les principes du Code civil, la force du droit d'accession assure au propriétaire riverain l'alluvion même artificielle ; que c'est ainsi, au surplus, que l'a jugé en thèse la

Cour de cassation par arrêt du 8 juillet 1829, confirmatif d'un arrêt de la Cour royale de Grenoble, du 30 août 1828;

Attendu que l'État invoque vainement les dispositions des articles 538 et 560 du Code civil combinés;—Attendu que le Code civil, comme l'ancien droit, ne donne à l'État que les atterrissements formés au milieu des rivières navigables, sans adhérence aux rives; que de tous les temps on a distingué les alluvions ou atterrissements des rives d'avec les atterrissements qui pourront surgir au sein d'un fleuve, par le résultat d'une perturbation dans le cours des eaux ou toute autre cause, mais sans adhérence à la terre ferme; que déjà l'arrêt de la Cour de cassation de 1829 a proscrit l'application que le domaine entend faire de l'article 560 sur la violation duquel le pourvoi était fondé; qu'un dernier arrêt de la même Cour confirme la distinction ci-dessus établie et repousse l'application de l'article 560, au cas où l'atterrissement est adhérent au fonds riverain;—Attendu, d'après cela, qu'il devient oiseux d'examiner si, comme le prétend l'État, le lit ou canal dans lequel coule le fleuve, tombe dans sa propriété; ou si, comme le prétend le sieur de Ballias, en distinguant, d'après la loi de 1790, le domaine public du domaine de l'État, l'État n'a d'autre droit sur les fleuves que celui de la puissance publique et de la souveraineté, qu'un droit, en un mot, de police générale qui s'éteint en même temps que le lit du fleuve cesse d'être affecté à l'usage public; que la législation consacrant les conquêtes de la rive sur le lit du fleuve, quelle qu'en soit la nature, par voie d'adjonction ou d'accession, soit naturelle, soit artificielle, d'atterrissements successifs et imperceptibles; il ne reste plus qu'à examiner si ces deux conditions existent en faveur du sieur de Ballias;—Attendu que les atterrissements dont il s'agit ont été le résultat d'une succession de temps, d'une adjonction successive à la rive de sables, limons ou graviers, et créés par le retrait des eaux dont tout l'effort était rejeté, surtout après la construction de la jetée du pont, sur la rive droite;—Attendu que vainement, pour placer la cause sur un terrain plus délicat, l'État offre de prouver que l'espace comprenant les atterrissements litigieux a été instantanément et subitement séparé du lit du fleuve et a cessé d'en faire partie; que cette offre de preuve, produite seulement à l'audience, est en contradiction *flagrante* avec sa demande, avec le mémoire adressé par le directeur du domaine à M. le préfet, le 20 septembre 1837, le rapport de l'ingénieur où il est question d'atterrissements d'un progrès assez rapide, provoqués par des travaux de tunage et activés par la levée du pont; que cette offre de

preuve semble s'envelopper d'un vague calculé ; qu'elle ne précise et ne spécialise rien ; que si le domaine veut établir une désiccation ou une séquestration instantanée de partie du lit du fleuve, ou l'érection subite et immédiate des atterrissements revendiqués, toutes choses d'une impossibilité matérielle, il devrait l'articuler avec précision ; et dans ce cas, le tribunal aurait à examiner la portée d'un tel état de choses ; que si, au contraire, la preuve ne tend qu'à établir le fait en lui-même de la ligne des travaux ou masses contigus à la jetée, créée dans le fleuve en vue de ramener plus ou moins prochainement, à une époque indéterminée, la rive gauche à ces limites, cette preuve est surabondante et sans pertinence, car ce fait n'est pas contesté, et la contradiction n'existe que par ses effets légaux ;

Attendu qu'il est de notoriété publique pour le tribunal, et incontestable dans la cause, que la berge du sieur de Ballias a constamment suivi le flot ; que les eaux du fleuve n'ont jamais cessé de courir et d'avoir accès au delà de la ligne des travaux exécutés par l'État ; que si cette berge s'est rapprochée toujours, en suivant le flot vers la culée du pont, ce n'est que par le résultat d'incorporation et de superposition successives de couches de terrasses dues à un laps de temps de deux années ; qu'une partie des alluvions revendiquées par le domaine n'est même encore qu'à l'état d'alluvions naissantes ; — Que sans doute le développement de ces atterrissements a pu être plus ou moins rapide ; mais qu'il suffit qu'ils n'aient pas surgi immédiatement, qu'ils aient été successifs, qu'on ne puisse pas dire à quel moment précis telle ou telle partie s'est adjointe à la rive, *quo temporis momento ripæ adjiciatur* ; que, d'autre part, ils soient adhérents à la rive, pour qu'ils aient tous les caractères légaux de l'alluvion, et à ce titre appartiennent aux propriétaires riverains ; — Attendu qu'en présence des dispositions du Code civil sur le droit des propriétaires riverains, ce droit dont le principe est sacré ne saurait leur être enlevé que par une disposition législative, précise, qui ferait dévolution à l'État des alluvions artificielles qui pourraient prendre leur source dans les travaux par lui exécutés ou concédés dans le lit des fleuves ; — Attendu qu'on chercherait vainement une telle disposition dans la loi de 1807 dont le domaine excipe ; — Que si cette loi eût entendu déroger aux principes du Code civil et conférer à l'État le droit qu'il réclame, elle n'aurait pas manqué de s'en expliquer, alors qu'elle introduisait un droit nouveau et d'une portée aussi générale et aussi importante ; — Qu'il serait assurément plus qu'étrange qu'un droit aussi étendu, aussi grave, et qui aurait à tant

d'égards nécessité, pour être régularisé dans son exercice, une législation particulière, fût livrée aux hasards et aux incertitudes de l'induction; — Que ce n'est cependant que par induction que l'État tire de l'article 41 de la loi de 1807 le droit dont il réclame la consécration; — Attendu que cet article, placé sous un titre spécial de la concession de divers objets dépendant du domaine, titre sans liaison saisissable avec les autres, se borne à disposer que le Gouvernement concédera aux conditions qu'il aura réglées, les marais, lais et relais de la mer, le droit d'endigage, les accrues, atterrissements et alluvions des fleuves, des rivières et torrents, quant à ceux de ces objets qui forment propriété publique ou domaniale; — Attendu que le domaine induit de ce texte : *l'État concédera les accrues, atterrissements et alluvions des fleuves rivières, etc.*, que, puisque la loi donne à l'État le droit de concession de pareils objets, c'est qu'elle l'en reconnaît propriétaire; — Mais attendu que cet article, qui sans cela serait de toute absurdité, puisque personne ne contestera que les alluvions des fleuves appartiennent en principe aux propriétaires riverains, puisque les marais par cette même loi ne sont pas dévolus à l'État, restreint le droit de concession de l'État à ceux des objets, énumérés audit article, qui forment propriété publique ou domaniale, en sorte que cette restriction laisse toujours à examiner quels sont les biens qui entrent dans cette propriété publique ou domaniale de l'État; — Attendu que toute la loi de 1807, par son économie, son texte et son esprit basé sur le respect de la propriété, résiste à l'interprétation du domaine; — Qu'il suffit pour s'en convaincre de lire attentivement l'article 30 de cette loi, placé sous le titre spécial des travaux de navigation, des digues, etc.; — Qu'aux termes de cet article, combiné avec l'article 28, les travaux de navigation exécutés par l'État, comme tout autre genre de travaux, ne le rendent pas propriétaire des avantages conquis par ces travaux; que cet article n'assujettit même les propriétaires à qui ces avantages sont dévolus, qu'à une indemnité égale à la moitié des avantages conquis; or, comment admettre que le législateur eût proclamé sous l'article 41, précisément en matière d'alluvions artificielles produites par les travaux d'endigage ou de navigation, un principe, une disposition diamétralement opposée au texte et à l'esprit de l'article 30;

Attendu que le domaine ne saurait invoquer avec plus de succès, comme autorité, les propositions ou projets de loi qui ont pu être portés aux Chambres sur la matière; — Attendu que le dernier projet présenté à la Chambre des députés, par MM. Jaubert, Teste

et Ménard, n'était en effet, comme le démontre son titre *Des alluvions artificielles*, que la traduction en dispositions législatives des prétentions actuelles du domaine, c'est-à-dire la dévolution à l'État des alluvions artificielles; — Mais que ce projet échoua devant l'examen de la Chambre, et qu'il ne fut pas même passé à la discussion des articles, sur les observations des jurisconsultes les plus influents qui représentaient ce projet comme violant le droit de propriété consacré pour les riverains par le Code civil, et tous les principes admis jusqu'alors en pareille matière; — Qu'ainsi, l'interprétation de la puissance législative serait un argument de plus dans l'état de la législation, contre les prétentions du domaine, loin de les sanctionner de son autorité; — Attendu sans doute, que la circonstance des travaux exécutés par l'État dans un fleuve, pourrait donner naissance à une indemnité contre le propriétaire riverain, s'il était justifié qu'ils lui ont profité, nul ne pouvant s'enrichir au détriment d'autrui; mais que le tribunal n'étant nanti par le domaine que d'une question pure de propriété, nulle indemnité n'étant réclamée, nulle réserve même, quant à ce, n'étant faite, ne peut que se renfermer dans la demande; — Par ces motifs, le tribunal, sans s'arrêter aux offres de preuves articulées par l'État et les rejetant, déclare l'État sans droit de propriété sur les atterrissements ou alluvions qui se sont formés sur le fonds de la propriété du sieur de Ballias, en aval et en amont de la jetée du pont de Marmande; — Déclare au contraire, partant que de besoin, le sieur de Ballias propriétaire desdits atterrissements.

Appel. — Arrêt :

La Cour;

Adoptant les motifs des premiers juges, confirme.

(Du 11 novembre 1840. Cour d'Agen.)

N° 3.

Arrêt de la Cour de cassation du 6 août 1848. — (Paris-Labrosse.)

Le lecteur est prié de se reporter aux *Annales des ponts et chaussées*, 1849, p. 257.

N° 4.

Arrêt de la Cour de cassation du 8 décembre 1863. — (Petit.)

Le sieur Petit est propriétaire, dans la commune de Trouville, d'une parcelle de terrain située près de la rivière navigable de la Touques, à quelques centaines de mètres au-dessus de son embouchure dans la mer, et qui a été séparée de cette rivière, en 1840, par l'établissement de la route départementale de Saint-Pierre-de-Dives à Trouville. Entre cette route et le terrain du sieur Petit se trouve une autre parcelle de 17 mètres de profondeur sur 11 mètres de largeur, périodiquement couverte par les eaux de la mer, lors des marées des nouvelles et pleines lunes, jusqu'en 1840, époque où les travaux de la route ont fait de cette parcelle un atterrissement à l'abri de l'invasion périodique des hautes marées. La commune de Trouville, prétendant être propriétaire de cet atterrissement, comme formant une dépendance du lit de la rivière, et comme appartenant, dès lors, à l'État, aux droits duquel elle était substituée, le revendiqua contre le sieur Petit qui en avait la possession. — Le sieur Petit se défendit, en invoquant, d'une part, la prescription trentenaire, et en soutenant, d'autre part, que les atterrissements des fleuves et rivières navigables alluviaux aux pieds des riverains étaient la propriété de ces derniers.

Le 9 août 1860, jugement du tribunal de Pont-l'Évêque, qui accueille l'action en revendication de la commune dans les termes suivants : « Attendu que le lit des fleuves et rivières se détermine par la hauteur des eaux aux marées de nouvelle et pleine lune ; qu'on ne saurait excepter du lit des fleuves une partie du terrain périodiquement couverte par ces eaux qui en gardent par ce fait même une occupation continue ; — Attendu que l'article 558 du Code Napoléon dispose que les fleuves et rivières navigables sont considérés comme dépendances du domaine public, insusceptibles par cela même de propriété privée ; — Attendu que la propriété du riverain s'arrête à la limite des eaux baignant son fonds, et ne peut s'accroître que des atterrissements et accroissements adhérents audit fonds et qui se sont formés successivement et imperceptiblement, ou des relais résultant du retrait insensible de l'eau sur la rive opposée ; qu'on ne saurait étendre la propriété sous l'eau jusqu'au milieu du lit de la rivière sans se mettre en contradiction avec la loi qui, en disposant en faveur de l'état des îles, îlots et atterrissements qui se forment dans le lit des rivières na-

vigables sans adhérence à la propriété riveraine, désigne le véritable propriétaire du fonds par l'attribution qu'elle fait de l'accès ; — Attendu que les faits susrelatés suffisent à établir que le terrain revendiqué a continué jusqu'à cette époque de faire partie du lit de la rivière, et qu'il n'a pu dans cette période être susceptible de propriété privée ; — Attendu qu'en 1840, l'établissement de la route dont il vient d'être parlé a séparé le terrain revendiqué du cours actuel de la rivière, et l'a mis définitivement à l'abri de la submersion ; qu'il faut apprécier l'effet de cette situation nouvelle ; — Attendu que l'imprescriptibilité qui s'attache au lit des rivières navigables faisant partie du domaine public, cesse au cas où l'eau, abandonnant le terrain qui formait son lit, rend ce terrain à la condition ordinaire, la destination publique qui le protégeait ayant disparu ; qu'il s'agit de savoir à qui en est dévolue la propriété ; — Attendu qu'à la présomption de propriété en faveur de l'État déduite ci-dessus de l'article 560 du Code Napoléon, il faut ajouter les dispositions de l'article 541 du même Code qui attribue à l'État la propriété des dépendances du domaine public ayant cessé d'en faire partie, sauf le cas d'aliénation valable ou de prescription ; — Attendu que la loi du 16 septembre 1807 n'a pas abrogé les articles précités ; qu'elle n'exprime dans aucune de ses parties l'idée de la propriété du riverain sur la chose sortie du domaine public ; qu'elle confirme, au contraire, les dispositions du Code Napoléon, en accordant à l'État, dans l'article 41, un droit de concession qui suppose la propriété de la chose à concéder ; — Attendu qu'en l'absence d'un droit de propriété sur le terrain, modifié par suite des travaux de 1840, le sieur Petit n'a reçu de l'État aucune concession dudit terrain ; que, d'un autre côté, la durée de la possession qui a été reconnue lui appartenir est insuffisante pour lui assurer le bénéfice de la prescription ; — Par ces motifs, le tribunal accorde acte à la commune de Trouville..... ; — 2° De ce qu'elle méconnaît hautement et positivement que longtemps avant 1840 un atterrissement tel quel se fût accru sur le terrain litigieux ; qu'elle soutient, au contraire, qu'en 1840, époque de la construction de la route départementale, ce terrain avait et a conservé depuis, jusqu'à ce qu'on l'ait remblayé, le même niveau qu'il avait cinquante ans auparavant sans qu'une alluvion quelconque, à quelque degré de formation que ce soit, s'y fût jamais manifestée ; — Et faisant droit sur l'action en revendication de la commune..... ; sans avoir égard au moyen invoqué par le sieur Petit, d'une possession impossible, impuissante en elle-même, non opposable à la commune et tout à

fait inefficace pour opérer prescription, non plus qu'à cet autre moyen qu'il fonde sur une alluvion prétendue, qui n'est pas et n'a jamais existé; — Dit et juge à bonne cause l'action du 14 janvier 1856; que, par suite, la commune de Trouville est seule et unique propriétaire du terrain litigieux tel qu'il est ci-dessus désigné et borné; condamne en conséquence ledit sieur Petit à cesser toute occupation de ce terrain dont il s'est indûment emparé, etc. »

Sur l'appel du sieur Petit, arrêt de la Cour de Caen, du 27 novembre 1861, qui confirme, en adoptant les motifs des premiers juges.

Motifs du pourvoi en cassation du sieur Petit. — 1^o Violation des articles 556 et 557 du Code Napoléon et fausse application de l'article 538 du même Code, en ce que l'arrêt attaqué a considéré comme faisant partie du lit d'une rivière navigable se jetant dans la mer, et dès lors comme imprescriptible, une parcelle de terrain qui, située vers l'embouchure de cette rivière, se trouve découverte périodiquement par les plus hautes marées, mais ne dépasse pas le niveau des plus hautes eaux fluviales, abstraction faite des marées.

2^o Violation de l'article 551 du Code Napoléon, et fausse application du même article et des articles 546, 561 du même Code et 41 de la loi du 16 septembre 1807, en ce que dans tous les cas, l'arrêt attaqué a attribué à tort à l'État un atterrissement qui, bien que provenant d'une rivière navigable, appartient aux riverains à l'hérédité desquels adhérerait cet atterrissement.

Arrêt de la Cour de cassation.

La Cour; sur le premier moyen, tiré de la violation des articles 556 et 557 du Code Napoléon, par fausse application de l'article 538 du même Code, en ce que l'arrêt attaqué aurait jugé que le lit d'une rivière navigable, aboutissant à la mer, se détermine par la hauteur des eaux, lors des marées des nouvelles et pleines lunes, et décidé par suite qu'un terrain ainsi périodiquement envahi par la mer était inaliénable et imprescriptible comme le lit de la rivière dont il faisait partie, et n'avait pu dès lors devenir la propriété du riverain, soit à titre d'alluvion, soit par l'effet d'une prescription légalement impossible :

Attendu, en droit, que le lit des rivières comprend tout le terrain qu'atteignent et couvrent, dans les habitudes de leur cours et sans débordement, les eaux parvenues à leur plus haut point d'élévation, quelle que soit la cause de cette élévation, et alors

même qu'elle serait le résultat du reflux périodiquement occasionné par les marées ordinaires ;

Attendu que l'arrêt attaqué constate en fait que, jusqu'en 1840, époque des travaux exécutés par l'État sur les bords de la Touques, le terrain litigieux n'avait point cessé d'être périodiquement envahi par ces eaux qui, si elles se retiraient lors de la marée basse, laissaient cependant derrière elles les traces de leur occupation ;—Qu'il suit de là que, jusqu'à cette époque, ce terrain, que la rivière n'avait point abandonné, continuait à faire partie de son lit, et formait comme lui une dépendance du domaine public inaliénable et imprescriptible, et qu'en jugeant qu'avant la création de la chaussée construite par l'État, il ne s'était formé aucune alluvion de nature à profiter au riverain, et que le demandeur ne pouvait invoquer aucune possession utile, l'arrêt attaqué, loin d'avoir violé les dispositions de loi précitées, en a fait, au contraire, une juste et saine application ;

Sur le deuxième moyen, tiré de la violation de l'article 551 du Code Napoléon, par fausse application des articles 546, 561 du Code Napoléon et 41 de la loi de 1807, en ce que l'arrêt attaqué refuse au demandeur la propriété du terrain litigieux aujourd'hui complètement découvert par les eaux, sous prétexte qu'il ne proviendrait pas d'une alluvion, mais constituait un atterrissement subitement formé par l'effet des travaux exécutés par l'État :

1) Attendu que si l'alluvion profite au propriétaire riverain, même sur les bords des fleuves et rivières navigables, ce n'est qu'autant qu'elle s'opère dans les conditions déterminées par la loi ;

2) Attendu que l'article 556 du Code Napoléon ne comprend sous cette dénomination que les atterrissements et accroissements qui se forment successivement et imperceptiblement aux fonds riverains d'un fleuve ou d'une rivière ; qu'il suit de là que les atterrissements brusquement formés par le retrait subit des eaux ne s'incorporent pas au fonds riverain, quoiqu'ils y soient adhérents, et appartiennent à l'État, sur les bords des fleuves et rivières navigables ;

3) Attendu que cette conséquence logiquement tirée de l'article 556 trouve sa confirmation dans l'article 560 qui attribue à l'État, s'il n'y a titre ou prescription contraire, indépendamment des îles et flots, les atterrissements qui se forment dans les lits des rivières navigables ; qu'en effet, dans cet article, l'atterrissement se distingue nécessairement des îles et flots, et ne peut raisonnablement s'entendre que de l'atterrissement adhérent à la rive, qui se pro-

est en dehors des conditions exigées par la loi pour constituer et caractériser l'alluvion ;

h) Attendu, en fait, qu'il résulte des constatations souveraines de l'arrêt attaqué que c'est seulement en 1840 et par l'effet immédiat de l'établissement de la chaussée conduisant de Saint-Pierre-sur-Dives à Trouville que le terrain litigieux, jusqu'alors couvert par les hautes eaux, s'est distingué du lit de la Touques dont il se trouvait désormais séparé et a été mis définitivement à l'abri de la submersion ; — Qu'il suit de là qu'en déniant à ce terrain le caractère d'une alluvion et en en attribuant la propriété à la commune de Trouville comme étant aux droits de l'État qui le lui avait cédé, la Cour de Caen n'a fait qu'appliquer justement les principes qui régissent l'alluvion ; — Rejette.

N° 5.

Arrêt de la Cour de Bordeaux du 4 avril 1870. — (Gièze.)

Point de fait :

Par contrat au rapport de M^e Dabau, notaire à Bourg, en date du 14 mai 1866, le sieur Gièze s'était rendu acquéreur de l'île de Duras ou de Grattequina, dépendant du territoire de la commune de Blanquefort, et située dans la rivière de la Garonne.

L'État voulant améliorer le cours de cette rivière et faire disparaître des dangers imminents pour la navigation, fit procéder à des travaux considérables sur les bords, et dans le lit même de la Garonne, afin de rétrécir son cours et de creuser son lit.

Dans ce but, il fit successivement construire de l'année 1854 à 1865, par les soins de l'administration des ponts et chaussées, aux abords de l'île de Grattequina trois digues, l'une appelée Bécassin transversale, au bas de la rivière et longeant la rive droite de l'estey de Bécassin située un peu à l'aval de l'île de Grattequina, l'autre dit de Lagrange partant de l'extrémité aval de l'île et allant rejoindre par une ligne courbe, d'abord l'extrémité de la digue de Bécassin et puis, laissant le passage nécessaire pour l'écoulement des eaux de l'estey de Bécassin, la rive gauche de la Garonne, et la troisième dite de Grattequina en amont de cette île et se rattachant à la rive gauche à 2 kilomètres, laissant une libre issue à l'écoulement de la jalle du Graujot.

L'État prétend que par suite de ces travaux l'agglomération des envasements avait été considérable et immédiate.

Le sieur Gièze reconnaît, de son côté, avoir favorisé la formation de ces alluvions, par des vase-
ments, qui avaient mis dix ans à se
sensiblement et imperceptiblement.

Le 7 novembre 1856, un arrêté de
ronde avait fixé les limites de l'île de
gauche de la basse Garonne entre l'ex-
et le port de la Grange.

Sur la demande du sieur Raymond-
ral, M. le préfet de la Gironde, par
l'autorisa à établir un canal d'irrigation
compris entre l'ancienne et la nouve
l'aval du bras compris entre l'île Gratt
à travers la digue appelée de Montferr
construire, sur les bords du canal, des
que la digue Bécassin.

De son côté, le sieur Ducoin, auteur
risé par un arrêté de M. le préfet d
15 novembre 1865, à faire des plantati
depuis la rive gauche de l'île Gratteq
distance de la ligne médiane de la
Blanquefort.

Dans le courant de mai 1866, le si
l'île de Grattequina dont il venait de
manda à M. le préfet de la Giron
construire, à ses frais, une passere
gauche de la Garonne, et, par deu
19 juillet 1866 et 7 juin 1867, il y fut s

C'est dans ces circonstances que, da
presque tous les propriétaires riverain
de se rendre acquéreurs de la partie d
valent au droit de leurs propriétés ju
l'ancien lit du fleuve, dit bras de Blan
même au delà du chenal actuel.

Le sieur Gièze, au contraire, protes
soutint qu'il était propriétaire des allu
laquelle elles étaient adhérentes jusqu
tant, et s'opposa au déplacement du cl
ticiperaient, par ce travail, sur une pr
tivement acquise.

En exécution d'une décision de M
ture, du commerce et des travaux pu

Sawicz, délégué à cet effet par M. l'ingénieur en chef du service maritime, avait, suivant procès-verbal du 10 janvier 1868, fait la remise à l'administration des domaines de tous les terrains laissés à découvert par la suppression du bras de la rousse dit de Grattequina, compris entre les lignes latérales, tracées par arrêté de M. le préfet, le 7 novembre 1856, et, par le même procès-verbal, il était établi que ces atterrissements avaient été divisés sur le plan en trente-deux lots formés par l'assèment des lignes perpendiculaires à l'axe du bras du fleuve opposé, en nombre égal à celui des propriétaires riverains qui avaient en demander l'acquisition par voie de préemption.

Tous ces atterrissements ayant été mis en vente par l'administration des domaines, le sieur Gièze déclara, par exploit du 10 décembre 1867, à M. le préfet, comme représentant légal de l'État, qu'il s'opposait à ce qu'il fût passé outre à cette vente et dans le cas où son droit de propriété sur ces terrains lui serait contesté par l'État ou par l'administration des domaines, qu'il se réservait de faire statuer sur ces prétentions par les tribunaux compétents.

Sur les conclusions des parties, le tribunal de première instance de Bordeaux rendit, le 27 janvier 1869, un jugement dont le dispositif est ainsi conçu :

Le tribunal, après délibéré, jugeant en premier ressort, déclare le sieur Gièze mal fondé tant dans sa demande principale que dans sa demande subsidiaire, condamne Gièze aux dépens envers toutes les parties.

Par exploit du 27 mars 1869, le Sieur Gièze a interjeté appel de ce jugement et la Cour a eu à statuer sur les questions de droit suivantes :

Point de droit,

1° Doit-on autoriser l'appelant à faire l'expertise par lui subsidiairement offerte ?

2° Les terrains, objets du litige, sont-ils des alluvions dans le sens de l'article 556 du Code Napoléon ?

3° Ne doit-on pas reconnaître au contraire qu'ils rentrent dans la classe de ceux indiqués par l'article 560 ?

4° La délimitation pratiquée en 1856 a-t-elle eu lieu par application de la loi du 16 septembre 1807, et a-t-elle dû par conséquent avoir les effets prévus et déterminés par cette loi ?

5° Ne doit-on pas, en écartant les autres conclusions subsidiaires de l'appelant, confirmer la décision attaquée ?

6° Quid de l'amende et des dépens ?

Sur les conclusions de l'appelant tendant subsidiairement à expertise :

Attendu que cette mesure est inutile, les documents déjà versés au procès suffisant amplement pour apprécier l'origine, le mode de formation, l'étendue et le caractère des terrains en contestation ;

Au fond, sur la question de savoir si lesdits terrains rentrent dans la catégorie des alluvions attribuées par l'article 556 du Code Napoléon aux propriétaires des fonds riverains :

Adoptant les motifs des premiers juges et y ajoutant ;

Attendu que s'il ne paraît pas possible de considérer, ainsi que l'a fait surabondamment le jugement attaqué, le bras de Grattequina, maintenant fermé à l'aval, mais resté en communication avec le fleuve en amont, comme un lac ou étang régi par l'article 558 du même Code, il ressort également des faits constants au procès que cette portion de l'ancien lit n'est aucunement non plus dans les conditions qui ont déterminé le principe posé par l'article 556 ;

Attendu, en effet, que cet article et le droit qu'il attribue au riverain doivent leur origine, d'une part, à l'impossibilité de saisir au début de ses résultats et de mesurer dans sa marche, l'action lente et occulte exercée par les eaux courantes le long de leurs bords, à la difficulté de distinguer la propriété des accrues qui s'y sont insensiblement incorporées, à l'incertitude qui en résulte sur la limite primitive existante entre la terre et le fleuve avant la formation de ces accrues ; d'autre part, à des considérations d'équité qui veulent que le riverain profite gratuitement de ce que lui apporte le caprice du fleuve comme il souffre sans dédommagements de ce qu'il lui enlève, à l'existence en un mot d'un aléa dont les chances inconnues doivent, bonnes ou mauvaises, être pour lui ou contre lui ;

Attendu qu'il est impossible de rattacher ces caractères aux atterrissements qui ont comblé le bras de Grattequina ; qu'en effet, ils n'ont eu absolument rien d'imprévu ni d'éventuel, qu'ils ont été préparés et imposés au fleuve par les travaux de l'administration de telle sorte qu'on a pu prévoir le moment où ils ont commencé, déterminer d'avance celui où ils auraient émergé et atteint leur complément, fixer et soumettre au calcul la masse du limon quotidiennement déposé par les eaux sans pouvoir jamais être remporté par elles, en évaluer enfin presque à tout moment le cube et la surface ;

Attendu que des atterrissements ainsi gouvernés dans leurs progrès diffèrent essentiellement de l'alluvion successive et im-

aux riverains, qu'ils s'en distinguent par une constance éminemment spéciale sont formés, non le long des rivières avec elles comme l'alluvion, mais par des couches uniformes étendues du bras condamné d'abord à cette fin en un bassin d'épuration limoneuses, mais fermé à la suite des atterrissements, résultat direct de l'art, d'un instrument de remblaiement du terrain, alors qu'il a la pleine mer, ne peuvent, en équité comme les autres, rentrer dans la classe de ceux qui sont déclarés rivières navigables, lui sont attribués ;

et surtout lorsque, comme dans le cas des travaux et conformément à la loi, par une délimitation, non des bornes du lit de rivière à lui attribuées, mais à opérer le remblayage par la loi, l'État a prévu toute incertitude sur la cause des atterrissements, et fourni les moyens de distinguer les portions qui ne peuvent rentrer dans la classe des rivières navigables, et rendre par suite inapplicables les dispositions relatives aux accroissements alluvionnaires ;

Enfin, les motifs de l'appelant :
que les contestations sur l'interprétation de la loi de 1842 au profit des riverains sur les portions de ces voies de navigation, suite de déclassement et de suppression, comme des questions de propriété ordinaires, l'esprit de cette loi, interprété par sa discussion devant les tribunaux, ne peut que consacrer une parfaite égalité des riverains devant la loi, et que leur droit à la ligne divisoire entre l'un et l'autre, d'où il suit qu'ils ne peuvent, sous prétexte, réclamer davantage ;
et les motifs des premiers juges ;
à l'audience que, par suite d'arrangement amiable, il renonçait au bénéfice du jugement et que le défendeur a accepté cette déclaration ;

Par ces motifs, la Cour dit qu'il n'y a lieu de statuer entre les parties.

Glèze et Duffour sur les appels respectivement interjetés et sur le surplus des contestations débattues devant la Cour entre Glèze et l'État;

Sans qu'il soit besoin de prononcer sur la fin de non-recevoir tirée des reconnaissances du droit de l'État par Glèze ou son auteur;

Sans s'arrêter non plus aux conclusions subsidiaires de l'appelant, lesquelles sont rejetées comme mal fondées;

Confirme le jugement attaqué, ordonne qu'il sortira son plein et entier effet, condamne l'appelant à l'amende et aux dépens de la cause d'appel.

N° 6.

Arrêt de la Cour de cassation du 7 avril 1868.—(Héritiers de Condé)

Une loi du 31 mai 1846 a affecté une somme totale de 7 millions à divers travaux de navigation intérieure, dont l'exécution devait employer plusieurs années. Parmi ces travaux figurait l'amélioration de la navigation de la Seine entre Villequier et Quillebœuf; la dépense en était évaluée à 3 millions et son objet principal était de resserrer le lit de la rivière afin d'en augmenter la profondeur. La navigation ne devait pas seule profiter de ce travail; il était également destiné à assainir les terres marécageuses des rives du fleuve et à conquérir de nouveaux et riches terrains pour l'agriculture.

Interrompue ou ralentie après 1848, cette œuvre fut reprise en exécution d'un décret du 15 janvier 1852, qui affecta une somme de 2.800.000 francs à la continuation des travaux d'amélioration de la navigation de la Seine, entrepris en vertu de la loi du 31 mai 1846. Un autre décret du 3 août 1853 autorisa spécialement les travaux nécessaires pour l'endiguement de la Seine sur la rive gauche entre Quillebœuf et La Roque, et un arrêté du préfet de l'Eure fixa les limites de la rive gauche du lit de la Seine au point dont il s'agissait; cet arrêté, en date du 23 février 1854, fut rendu après une instruction qui ne donna lieu à aucune réclamation et il ne fut d'ailleurs point attaqué après sa publication.

Dès le principe, l'administration avait conçu l'idée de provoquer le concours obligatoire des propriétaires riverains, en se réservant les dispositions de l'article 30 de la loi du 16 septembre 1807, ainsi conçu: « Lorsque, par suite des travaux déjà énoncés dans

la présente loi; lorsque, par l'ouverture de nouvelles rues, par la formation de places nouvelles, par la construction de quais, ou par tous autres travaux publics généraux, départementaux ou communaux, ordonnés ou approuvés par le Gouvernement, des propriétés privées auront acquis une notable augmentation de valeur, ces propriétés pourront être chargées de payer une indemnité qui pourra s'élever jusqu'à la valeur de la moitié des avantages qu'elles auront acquis: le tout sera réglé par estimation dans les formes déjà établies par la présente loi, jugé et homologué par la commission qui aura été nommée à cet effet. » En conséquence, deux décrets des 15 janvier 1853 et 15 juillet 1854, rendus après enquêtes et dans les formes des règlements d'administration publique, ont décidé: 1° que les dispositions de l'article 30 de la loi du 16 septembre 1807 étaient déclarées applicables, au profit de l'État, aux propriétés privées qui avaient acquis ou acquerraient une plus-value par suite de l'exécution des travaux d'amélioration et d'endiguement de la basse Seine effectués ou à effectuer, tant sur la rive droite que sur la rive gauche du fleuve, en vertu de la loi du 31 mai 1846 et des décrets des 15 janvier 1853 et 3 août 1853; 2° que le montant de l'indemnité qui devait être supportée par ces propriétés était fixé à la moitié de la valeur des avantages qu'elles auraient acquis. Les mêmes décrets réglaient l'organisation des commissions spéciales à instituer, et les membres de ces commissions furent ultérieurement nommés par l'empereur.

Pour arriver à la fixation de la plus-value, il devait être procédé, après les articles 7 et suivants de la loi de 1807, à deux expertises, l'une avant le commencement des travaux, l'autre après leur achèvement. La première de ces expertises, en ce qui concernait la rive gauche, a été terminée le 18 novembre 1855. Quant à la seconde, elle n'avait pas été et n'avait pu être commencée, lorsque se sont produits les faits qui ont amené le litige soulevé par les héritiers de Condé.

Bien avant d'être achevés, les travaux d'endiguement avaient donné lieu, au droit de la propriété des réclamants, à la formation d'atterrissements considérables, sur lesquels poussaient des herbes abondantes. Pendant les années 1857 à 1861, le domaine fit vendre ces herbes à son profit, sans rencontrer aucune opposition. Ces ventes, qui n'avaient rapporté que 1.032 francs en 1857, n'ont pas tardé à produire des sommes bien plus considérables puisque elles se sont élevées en 1865 à 56.000 francs et que pour les huit années écoulées de 1857 à 1865, elles ont rendu plus de

120.000 francs. En présence de ces résultats, et par exploit du 6 janvier 1862, M^{me} veuve de Condé et MM. de Beauvoir et consorts, se prétendant propriétaires *hic et nunc*, en vertu des articles 556 et 557 du Code Napoléon, des atterrissements contigus aux terres riveraines qui leur appartenaient, ont assigné l'État devant le tribunal civil de Pont-Audemer, pour voir dire que c'était sans droit que l'État avait fait vendre les récoltes excrues sur les terrains des requérants et s'entendre condamner à la restitution desdites récoltes avec dommages-intérêts.

Le 12 juin 1863, jugement du tribunal de Pont-Audemer, qui déboute les demandeurs de leurs prétentions en ces termes :

« Attendu... qu'il est constant au procès que les terrains dont M^{me} de Condé et joints réclament la propriété comme provenant d'alluvions sont le résultat de travaux exécutés par l'État ; que les décrets des 3 août 1853 et 15 juillet 1854 et la loi du 16 septembre 1807 doivent faire la loi des parties ; que la loi du 16 septembre 1807 a posé les règles et les formalités à suivre quant à la délivrance par l'État des terrains résultant des travaux ; qu'il n'y a pas lieu, dès lors, de faire application des dispositions de l'article 556 du Code Napoléon, relatif à l'alluvion naturelle, etc. »

Sur l'appel, la Cour impériale de Rouen a rendu, le 11 avril 1865, l'arrêt infirmatif suivant :

1. Considérant que le procès à juger est né des prétentions respectives des héritiers Condé et du domaine de l'État à la jouissance du terrain dont s'est accrue la rive gauche de la Seine, dans la commune de Marais-Vernier, à la suite des travaux d'endiguement opérés entre Quillebœuf et La Roque ;

2. Considérant, en effet, d'une part, que l'État entend rester maître exclusif des fruits jusqu'au moment où les travaux étant terminés, il jugera opportun de faire aux propriétaires de l'ancienne rive délivrance de l'entier terrain conquis sur le fleuve ; d'autre part, que les héritiers de Condé s'attribuent au contraire un droit absolu sur les fruits au fur et à mesure que le terrain se forme, la délivrance ayant d'après eux pour objet, quant à ce, de les mettre en possession de la chose dont jusque-là ils n'auront eu que la jouissance ;

3. Considérant qu'un tel débat implique forcément une question de propriété ; que cette question a d'ailleurs été posée en termes exprès dans les conclusions des parties ; qu'en principe sa solution est exclusivement du ressort de l'autorité judiciaire, et que, pour la résoudre, il suffit de savoir si le terrain en litige constitue

hé à ce mot par la loi et avec les ;

56 du Code Napoléon nomme alluvion
grains tout atterrissement ou ac-
façon successive et imperceptible à
gible, sans distinguer le cas où
damment d'un acte quelconque de
elle résulte du concours de faits
ix d'art accomplis par les soins et
soit de l'État lui-même ;

pèce l'endiguement de la Seine a
té les atterrissements qui sont ve-
re les propriétés riveraines, mais
été soudain, qu'il s'est opéré et
grès insensibles, et qu'en réalité
e d'un fait naturel, c'est-à-dire du
risé par le fait artificiel de la con-

e le produit de ces deux causes,
nante, l'autre simplement occa-
on proprement dite, appartenant
ssité de concession d'aucune sorte,
que, si quelques doutes pouvaient
nérale, ils disparaîtraient en pré-
nts de l'État dans la cause ;

la date du 6 décembre 1853, le
ppliquer l'article 30 de la loi du
tés voisins des travaux effectués
ent dont il s'agit au procès, et de
ue qu'acquerraient ces propriétés
les propriétaires auraient à payer

é du 23 février 1854, afin de pré-
le la loi susdit, le même agent de
la rive gauche du lit du fleuve, de
xpertiser la valeur de chacune des
it où commencèrent les travaux,
qu'elles auraient acquise lorsque

ces travaux seraient achevés ;

9. Considérant qu'un décret du 16 juillet 1854, vu les avantages
que les propriétaires riverains retireraient desdits travaux, vu
également les propositions de l'arrêté précité du préfet de l'Eure,

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

souverainement les dispositions
profit de l'État aux propriétés pu
on et de l'endiguement de la
e valeur ;

nsidérant que le sens et la port
ux, qu'il n'est pas besoin d'en r
er le texte ; que pour en tirer
les prendre à la lettre, et qu'il
la Cour de surseoir à statuer]
és par l'autorité administrative
nsidérant qu'en effet ces actes, s
soit par leur référence à celle
ent, sans obscurité ni équivoque
ancienne rive délimitée de la Sel
perfectionnement de la naviga
cession aux propriétaires rives
de payer, à titre d'indemnité,
it de l'accroissement alluvionna
nsidérant qu'il y a là, non pas
ais une reconnaissance actuelle
sairement le droit à la jouissan
commettra aucun excès de pou
qui touche à l'exécution des
e leur opportunité, de leur con
orité administrative garde le
quand elle l'estimera convenab
itation de ces terrains ne lui ex
liciaire se borne à constater l'e
a contesté de leur récolte, et i
e au vrai propriétaire ;

nsidérant que ce qui vient d'être
qui va suivre, et dispense
aldés ou conclus par le préfet
ines ;

motifs, la Cour, faisant droit à
e jugement attaqué, dit que le
ipétement saisi, tant de la que
ouissance des fruits produits]
— Se déclare elle-même compé
qu'il n'y a lieu à interprétation
ative ni de l'arrêté du 23 fév
de la même année ; — Débo

qu'ils procèdent, de tous leurs moyens, exceptions ou chefs de demandes; — Déclare les appelants propriétaires, par droit d'accèsion, des alluvions formées ou qui pourront se former au droit de leur propriété, dans la commune du Marais-Vernier, le long de la Seine; — Arrête que les ventes faites par l'État, des herbes excrues sur lesdites alluvions, n'ont pu avoir lieu qu'au profit des appelants, et ordonne que restitution leur sera faite du prix de ces ventes sur le compte qu'ils présenteront en la forme ordinaire si mieux n'aime l'État que ledit prix soit imputé, jusqu'à due concurrence, sur le montant de l'indemnité de plus-value due par les appelants au moment où cette indemnité deviendra exigible.

Pourvoi du préfet de l'Eure au nom de l'État. — Selon le demandeur, l'arrêt attaqué a d'abord violé ou faussement appliqué les articles 556 et 560 du Code Napoléon et les articles 30 et 41 de la loi du 16 septembre 1807. En principe, l'alluvion n'appartient aux propriétaires riverains de rivières navigables qu'autant que, d'une part, elle a été insensiblement et naturellement formée, et que, d'autre part, elle est constituée par la retraite définitive des eaux. Or, ni l'une ni l'autre de ces conditions ne se rencontrait dans l'espèce, puisque la Cour de Rouen constatait elle-même que les travaux d'endiguement avaient concouru à former les atterrissements dont il s'agissait, et qu'elle n'a ni constaté ni pu constater qu'ils fussent parvenus à l'état de maturité nécessaire. L'arrêt attaqué a d'ailleurs porté atteinte au droit que l'État, par ses décrets des 15 janvier 1853 et 15 juillet 1854, s'était réservé de concéder, moyennant certaines conditions, les atterrissements à provenir de ses travaux. Le demandeur ajoutait subsidiairement que la Cour de Rouen, en s'appuyant sur ces décrets et sur les autres actes administratifs qui s'y rattachaient, avait excédé ses pouvoirs et empiété sur ceux de l'autorité administrative, seule compétente pour interpréter les actes de cette nature.

La Cour (de cassation); sur le second moyen :

Vu les articles 41 et 30 de la loi du 16 septembre 1807 et l'article 556 du Code Napoléon; — Attendu que l'article 41 de la loi du 16 septembre 1807 donne au Gouvernement le droit de concéder, aux conditions qu'il a réglées, les accrues, atterrissements et alluvions des fleuves et rivières, quant à ceux de ces objets qui forment propriété publique ou domaniale ;

1. Attendu que l'endiguement de la basse Seine entre Villequier, Quillebeuf et Taucarville a été ordonné par la loi du 31 mai 1846 et par un décret du 15 janvier 1852 ;

3. Attendu que, par trois autres décrets impériaux des 15 jan-

MÉMOIRE

1853 et du 15
loi du 16 sep
oit de l'État, a
ui acquerront u
d'amélioration
décrets ont fixé
notié des avar

. qu'il n'est pas
me allégué dai
ar les défende
stât dans la pa
rant à ce dom
uvion ; que, d'a
les atterrissem
rés par les trav
l'époque où a e
loi de 1807, il
ants légaux des
rtie où se sont
cessé d'être la
de l'article 41
es trois décrets
, à la vérité, qu
e l'abandon au
plus-value, de
les atterrisseme
tendu que jusqu
attribution à ch
s, attribution q
isent qu'après
tise destinée à
e par ces fonds
sur les atterris
ts ; — D'où il s
rissements, par
556 du Code Na
roduction de l'a
, et qu'il n'ava
grains, des terr
lomaine à leur
s produits de c

articles 41 et 30 de la loi du 16 septembre 1807 et faussement appliqué l'article 556 du Code Napoléon ;

Par ces motifs, casse.

N° 7.

Arrêt de la Cour de Paris du 6 août 1870. — (Héritiers de Condé.)

La Cour,

Sur la compétence :

1. Considérant que les demandeurs réclament l'attribution à leur faire de fruits d'alluvions qui leur seraient acquises, conformément aux principes du droit civil ;

2. Que c'est là une question de propriété qui appartient à la compétence des tribunaux civils ; — Qu'il n'y a pas lieu dans la cause d'interpréter des actes administratifs, les divers actes produits au nom de l'État étant exempts d'ambiguïté, et que sous ce rapport aucun sursis ne serait non plus à prononcer ;

3. Considérant que la matière étant disposée à recevoir une solution définitive, c'est pour la Cour, en vertu de l'article 473 du Code de procédure civile, le cas d'évoquer le fond ;

En fond :

4. Considérant que l'État a entrepris pour l'amélioration de la navigation de la basse Seine, entre Villequier, Quillebeuf et Tanville, des travaux publics auxquels une somme d'environ 5 millions a été affectée par la loi du 31 mai 1846 et par les décrets du 15 janvier 1852 et du 3 août 1853 ; — Que ces travaux consistant dans la construction de deux digues longitudinales parallèles, devaient resserrer le cours des eaux, et avoir prochainement pour résultat de mettre à découvert une partie considérable du lit de la rivière, exhauscée par des amoncellements de sables ou de dépôts vaseux, en adhérence à l'une et l'autre rives ;

5. Considérant que dans la prévision du profit que les propriétés riveraines allaient retirer, si ces terrains nouveaux leur étaient attribués, l'État a entendu leur appliquer les articles 30 et 31 de la loi du 16 septembre 1807, relatifs à la plus-value procurée aux propriétés privées par l'exécution de travaux publics ; — Qu'en conformité de ces vues, des décrets des 15 janvier 1853, 15 juillet et 8 novembre 1854 ont fixé à la moitié du bénéfice acquis l'indemnité de plus-value qui serait due par les propriétaires riverains ; — Que, d'autre part, un arrêté de délimitation pris par le

ngée des travaux publics en exécution des digues pourra être l'élévation réelle du lit de la rivière ;

est appelé ;
à compétence à connaître de la de-

ne les premiers juges auraient dû

adé, demandeurs, des fins et conclusions. — Ordonne la restitution de l'amende faite aux héritiers de Condé aux défendeurs à ceux faits devant les Cours de la Seine distraction est prononcée au cas en ce qui le concerne, lequel l'a revancée.

N° 8.

1. délimitation des îles (*).

ons les cours d'eau du domaine public selon les principes et suivant les mêmes principes ; c'est à cela que se réduit, l'utile et de substantiel à dire sur cet

ouvrant habituellement des atterrissements en forme d'île ou d'îlot dans le lit de la culture ou l'exploitation impraticable impropres à la possession privée, du lit de la rivière ou du domaine public leur maturité est celui où leur existence et des plantations et, *à fortiori*, étant encore une plus ferme consi-

lance, les rend susceptibles d'être possédés privativement, et c'est

* Cette note qu'à celle que nous avons insérée, sur la délimitation des cours d'eau, dans les *Annales des ponts et chaussées*, octobre 1874, où elle est également annoncée, page 266.

MÉMOIRES ET DE

line public dans le domaine c
line de l'État, ils peuvent e
même être aliénés en observ
ux aliénations domaniales, e
és privées tel qu'il est réglé
ation de la délimitation d'un
it qu'elle appartienne déjà
e encore dans le domaine d
oisine de celle où elle pass
de l'État. Dans les deux cas
ont ceux énoncés substantiel
des idées erronées qui ont
matière de délimitation des
n'une île n'est émergée défi
niveau des eaux de plein bo
itale, et de se servir de ce
tel procédé est inadmissible
marquer les contradictions
dans le cas où les deux riv
s-différentes.

ntre dans les détails de l'a
posée ci-dessus, détails qu
tion délicate, il ne faut pas
s à rapporter ici, pour fix
s récents du conseil général
nvier 1871, à l'occasion de la
lit du Rhône, et l'autre du
Archambaud et consorts, dé
suspendu de Langeais.

la première espèce, il s'agit
ent à 1835 (car le cadastre d
s de la rive droite du Rhône
épartement de l'Ain), la pr
et 80 mètres de largeur n
m, 17 au-dessus de l'étiage, la
eur et 40 mètres de largeu
-dessus de l'étiage. La pla
se trouve à 2m, 43 au-dessu
beaucoup plus haut, à 4m, 50
généleurs avaient pensé, dan
es îles doit être faite en pre
es celle qui correspond au

l' limitation des îles serait sans objet
conséquences préjudiciables pour le
intérêt judiciaire venait à déclarer les
îles, conformément à leurs prétentions,
à leur payer une indemnité. L'avis
et chaussées, approuvé par le minis-
tré, formulé comme il suit :

« Je, si MM. les ingénieurs soutiennent
généralement, de ne procéder aux
travaux publics fluvial qu'autant que
nécessaires par les besoins de la navigation
d'intérêt de fiscalité, leur argumenta-
tion aux vrais principes de la matière,
l' limitation des îles de Murs comme
pour limite supérieure des plaines
qui correspond à l'une des rives con-
tinentales ;

« On trouverait bien peu d'îles, même
à l'état de maturité est le moins con-
sidérées, contrairement à toute
autre partie du lit du fleuve ;

« La méthode adoptée dans ce cas consiste à
sur les rives continentales elles-mêmes, en
dépendamment des secondes, c'est-
à-dire l' situation, par rapport aux eaux qui,
à l'écoulement, viennent atteindre les limites
boisées ou suffisamment mûres pour
être en état d'exploitation ;—Question délicate,
à résoudre, en chaque cas particulier,
par l' expertise (*). »

« Surplus, la question qui précède est
à résoudre que ce qui importe seulement, dans
la conservation des îles de Murs dans
le lit du fleuve, n'est pas nécessaire, dans l'intérêt gé-
néral de la navigation ;

« Les ingénieurs ne laissant aucun

(*) Cette étude généralement difficile, portant sur la nature et sur le degré
de consistance des atterrissements, non moins que sur leur relief au-dessus
des eaux, et sur les plantations qu'ils produisent, est quelquefois facilitée, dans
une certaine mesure, quand on peut faire des assimilations du sol liti-
gieux avec celui d'îles du voisinage qui sont reconnues, sans conteste, être des
propriétés privées.

« doute à cet égard, dans le sens de la négative, on ne voit pas
« de motifs sérieux pour ne faire à l'administration des domaines
« qu'une remise *provisoire*, non acceptée par celle-ci ;

« Le conseil est, en conséquence, d'avis qu'il y a lieu d'inviter
« MM. les ingénieurs à remettre les îles de Mars aux de
« maines, à titre *définitif*. »

Dans la deuxième espèce (d'ailleurs fort compliquée à raison des vicissitudes que le procès avait éprouvées successivement devant les juridictions administratives et judiciaires), il s'agit de la délimitation d'atterrissements formés dans la Loire, en aval du pont suspendu de Langeais, et adhérent, les uns à la rive, d'autres à des îles antérieurement et assez irrégulièrement concédées. Sans qu'il soit besoin d'entrer dans tous les détails de l'affaire, nous n'avons, ici, en vue de notre objet, qu'une seule circonstance à mettre en relief, c'est la méthode que MM. les ingénieurs entendaient appliquer pour délimiter, d'un coup et par une simple opération géométrique, tout cet ensemble d'atterrissements. A cet effet, ils avaient expliqué que la hauteur des rives du fleuve ne peut pas être donnée par les chantiers et îles situés entre les levées de la Loire, attendu que ces terrains se trouvent soumis à trop de causes soit de dégradation, soit de colmatage pour présenter quelque chose de fixe et de régulier, et ils en avaient conclu qu'il faut aller chercher la hauteur de ces rives derrière les levées ou digues ; en conséquence, ils avaient levé des profils s'étendant à 100 mètres sur les terrains depuis longtemps défendus par les levées ; ils avaient reconnu ainsi que ces terrains sont bien *en moyenne* à la cote de 3^m,10 et proposent le niveau correspondant à cette cote, comme celui des eaux prêtes à déborder et déterminant géométriquement les limites du domaine public.

L'avis adopté par le conseil, dans cette affaire, est celui qu'a développé l'un de ses membres, en ces termes :

« Le projet de délimitation produit par MM. les ingénieurs
« est en opposition complète avec les principes qui régissent la
« matière. Leur point de départ, notamment, est tout à fait fautif.
« En prenant pour hauteur des eaux de pleine rive prêtes à déborder, le niveau du terrain naturel en dehors des digues, les auteurs du projet ont perdu de vue que les bords de ce terrain ont cessé, depuis longtemps, d'être la rive du fleuve ; qu'ils ont été soustraits à l'action des colmatages sous l'influence desquels les alluvions voisines, demeurées en contact avec les eaux, s'élevaient insensiblement et que, par conséquent, ces terrains ont

de base à la détermination des îles mêmes alluvions.

Maximum flumen, dit l'opinant, con-
d'une rive, au droit de laquelle les
border. S'il s'agit du continent, ce
il est question d'îles ou d'alluvions
dre. *Mais jamais la rive continentale*
la limite du débordement sur les
quand il est manifeste que les îles
par rapport au fleuve, sous des ré-

veau les avantages et les inconvénients des différents types de barrages mobiles actuellement en usage, et cette discussion m'a fait songer à une nouvelle solution de la question, qui m'a paru devoir être la plus simple et la plus économique de toutes.

J'ai été ainsi amené à proposer un nouveau type de barrage qui permettra, je crois, d'établir des retenues de très-grande hauteur, sans exagération de dépense, et présentera en même temps de sérieux avantages, tout en évitant de graves inconvénients que l'on reproche aux autres systèmes.

Cette discussion et cette proposition ont fait l'objet d'un mémoire que j'ai adressé le 1^{er} août 1874 à la commission des *Annales* ; mais la commission ne crut pas devoir en autoriser la publication, « par cette considération traditionnelle, que les *Annales* n'admettent pas les inventeurs à exposer dans le Recueil des idées nouvelles, dont l'expérimentation n'a pas encore été faite (*) ».

L'expérimentation du nouveau système de barrage a été ordonnée par une décision ministérielle du 24 novembre 1874, portant approbation d'un projet de vannage à établir contre les fermettes du barrage de Port-à-l'Anglais qui permettrait, dit cette décision, « de faire des essais sur un nouveau type de barrage pouvant conduire à la solution de la question toujours pendante des barrages à grande chute ».

Ce projet a été exécuté et la retenue que supportent les hausses du système Chanoine dans le pertuis de Port-à-l'Anglais a été reportée momentanément sur les fermettes de la passerelle de service, par l'intermédiaire de vannes du nouveau modèle.

L'expérience de ces vannes a été faite plusieurs fois

(*) Lettre du 17 octobre 1874 de M. le secrétaire de la commission.

en présence d'un certain nombre d'inspecteurs généraux et d'ingénieurs des ponts et chaussées, et elle a paru assez concluante pour que ce mode de fermeture fût adopté, par décision ministérielle du 14 juillet dernier, pour le barrage de Port-Villez dont la construction, entreprise depuis plusieurs années sur la basse Seine, doit être continuée dans le nouveau système.

D'un autre côté, j'ai été invité par une dépêche ministérielle du 5 juin 1875, « à soumettre de nouveau à la commission des *Annales* mon mémoire sur les barrages mobiles, après l'avoir complété par le compte rendu des expériences auxquelles il a donné lieu ».

Le présent mémoire répond à cette invitation; il se compose de deux parties : la première comprend la description générale du nouveau barrage, justifie les dispositions proposées, et en fait ressortir les avantages ; la deuxième rend compte des dispositions adoptées et des expériences faites à Port-à-l'Anglais.

CHAPITRE I^{er}.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU BARRAGE A FERMETTES ET VANNES ET JUSTIFICATION DES DISPOSITIONS PROPOSÉES.

§ 1. — Substitution de vannes ordinaires aux aiguilles des barrages de M. Poirée.

Le barrage à fermettes et vannes ordinaires peut être décrit en quelques mots : il se compose des engins les plus simples et les plus anciennement connus : les fermettes de M. Poirée et les vannes ordinaires des usines hydrauliques. Les vannes glissent verticalement entre deux fermettes successives, comme celles des moulins se meuvent entre deux culées en maçonnerie et quelquefois même

entre deux poteaux en bois ; on les manœuvre de la même manière, avec un cric, du haut de la passerelle portée par les fermettes.

Parmi les pièces qui entrent dans la construction des différents barrages mobiles, ce sont incontestablement les fermettes de M. Poirée qui présentent le plus d'avantages et le moins d'inconvénients. En même temps qu'elles servent de support au vannage, elles forment un pont de service toujours très-utile, lors même qu'ils n'est pas indispensable, quelle que soit la forme du barrage, et la présence de ce pont permet d'élever tous les mécanismes au-dessus de la retenue et de ne placer sous l'eau aucune pièce fragile qui puisse exiger des réparations.

Les aiguilles des barrages de M. Poirée ont au contraire des inconvénients nombreux et bien connus : ce sont les seules qui ont limité jusqu'à présent la hauteur des barrages à fermettes ; leur emploi nécessite la construction d'un long et coûteux déversoir fixe à côté du barrage mobile ; enfin le rideau d'aiguilles n'est pas suffisamment étanche. C'est pour éviter ces inconvénients qu'on a cherché à fermer les barrages par des vannes tournantes de différentes formes ; mais celles-ci ne sont pas non plus exemptes de défauts, et il est assez remarquable qu'on a toujours eu recours aux fermettes pour y remédier.

De même que M. Chanoine a établi en 1850 à Courbeton une passerelle portée par des fermettes pour manœuvrer les hausses du système de M. Thénard, on a depuis établi des passerelles semblables pour manœuvrer les hausses de M. Chanoine, tant pour les déversoirs que pour les passes navigables, lorsque celles-ci ont une grande hauteur.

Mais on est conduit ainsi à un système très-dispendieux et assez compliqué, dans lequel les fermettes et les supports des hausses paraissent faire double emploi, car il faut donner aux fermettes la même dimension et la même

solidité que si elles devaient supporter la retenue à elles seules.

Les fermettes ne paraissent même pas inutiles aux barrages de M. Desfontaines malgré leur faible hauteur, très peu supérieure à un mètre, comme le montre la note que M. Malézieux a publiée le 29 décembre 1874 (*Annales* mai 1875), et dans laquelle il explique de nouveau le batardeau à fermettes mobiles du barrage de Joinville, qu'il avait déjà décrit sommairement dans son mémoire sur ce barrage (*Annales* 1868, 2^e semestre).

Ces considérations m'ont fait penser qu'on trouverait la solution des barrages mobiles, solution toujours pendant suivant la décision ministérielle du 24 novembre 1874 et dessus rappelée, en appuyant directement sur les fermettes de M. Poirée des vannes analogues aux hausses de MM. Thénard, Chanoine et autres, ou plus simplement des vannes glissantes ordinaires et en supprimant les supports spéciaux aux hausses, leurs axes de rotation, leurs barres à talons et autres accessoires.

Mais les vannes ordinaires des moulins restent habituellement en place contre leurs appuis quand elles sont levées au-dessus de l'eau, et chacune d'elles porte une crémaillère et exige un cric de manœuvre spécial.

Dans un barrage à fermettes, les vannes devront être transportées au magasin à mesure qu'on les lèvera, comme on le fait actuellement pour les aiguilles; on devra donc employer un seul appareil de levage pour toutes les vannes au lieu d'en avoir un pour chacune d'elles, et la surface de chacune devra être assez petite pour qu'il soit facile de les transporter sur le pont de service jusqu'au magasin établi sur la rive.

Il sera évidemment facile de combiner un treuil ou une grue destinée à lever ou descendre successivement toutes les vannes et qui circulera sur la passerelle des fermettes, comme le fait actuellement le treuil en usage pour manœuvrer

à lever les hausses des déversoirs de la haute Seine et celles des passes navigables de la Marne, de la Saône et du pertuis de Port-à-l'Anglais. On rattachera successivement chaque vanne à cet appareil de levage, soit avec une chaîne fixée continuellement à chacune d'elles, soit par l'intermédiaire d'une gaffe de manœuvre, que l'on accrochera du haut de la passerelle à une poignée fixée à la vanne, comme on saisit la poignée des hausses de M. Chanoine du haut du bateau de manœuvre, lorsqu'on veut les relever.

Dans tous les barrages où l'on emploie des fermettes, soit pour supporter la retenue par l'intermédiaire d'aiguilles, soit seulement pour constituer un pont de service, l'espacement des fermettes successives est assez faible et ne s'éloigne jamais beaucoup de 1 mètre. En effet, la charge que supportent les fermettes est proportionnelle à leur écartement, et si cette distance était trop grande, il faudrait leur donner de trop grandes dimensions transversales; elles deviendraient trop lourdes et il en serait de même des barres à griffes, qui les réunissent et forment les rails sur lesquels circule le treuil de manœuvre; il convient même généralement de rapprocher d'autant plus les fermettes que leur hauteur est plus considérable.

La largeur des vannes que l'on aura à placer entre deux fermettes successives ne sera donc pas très-grande; mais si ces vannes avaient la même hauteur que les fermettes, cette hauteur serait exagérée dès que celle de la retenue serait un peu forte et, lorsqu'on en lèverait une, elle monterait à une hauteur considérable au-dessus de la passerelle et l'on serait alors embarrassé pour la guider et pour la transporter sur le pont de service.

On superposera donc dans l'intervalle compris entre deux fermettes plusieurs vannes, dont la hauteur sera à peu près égale ou un peu supérieure à la largeur, et c'est cette disposition qui est la clef du système et qui rendra toutes les manœuvres faciles.

§ 2. — Manœuvres des vannes. — Facilités et avantages nombreux qu'elles présentent.

Le vannage appuyé sur les fermettes se composera ainsi de plusieurs étages horizontaux de vannes rectangulaires, comme les barrages à poutrelles sont formés par un certain nombre de poutres horizontales superposées, nous devons insister sur cette disposition, car elle est la partie essentielle du système.

Pour ouvrir le barrage on procédera comme pour des poutrelles, en enlevant d'abord toutes les vannes de l'étage supérieur, puis celles de la rangée suivante et ainsi de suite.

Au moment du levage chaque vanne sera chargée par une colonne d'eau, dont la hauteur sera celle de la lame déversant sur sa crête augmentée de la hauteur de la vanne elle-même, si celle-ci n'est pas noyée par l'aval ; dans le cas contraire la charge sera la chute totale du barrage, mais cette chute sera alors très-faible.

Lorsqu'on aura enlevé sur toute la longueur du barrage la rangée supérieure des vannes, évidemment très-peu chargées, le bief d'amont s'abaissera ou, s'il est maintenu par l'augmentation du débit de la rivière, le bief d'aval s'élèvera et dans tous les cas la chute diminuera rapidement. Le levage du deuxième rang de vannes se fera donc à très-peu près dans les mêmes conditions que pour le premier rang et il en sera de même jusqu'à l'étage inférieur reposant sur le seuil. Le levage des vannes inférieures, complètement noyées dans le bief d'aval, sera même plus facile que celui des vannes supérieures ; car au moment de leur manœuvre la chute sera presque complètement effacée.

Toutes les manœuvres seront donc faciles et n'exigeront jamais d'efforts exagérés, si la longueur du barrage est assez grande pour que la lame d'eau déversant sur sa crête

ne soit pas trop forte et si la surface des vannes n'est pas trop considérable.

Lors de la fermeture du barrage on procédera dans l'ordre inverse : on descendra d'abord toutes les vannes de la rangée inférieure, alors que la chute sera encore nulle ou très-faible, puis on placera celles de l'étage suivant, pour supprimer le déversement sur les premières et ainsi de suite. La fermeture du barrage paraît donc devoir être encore plus facile que son ouverture ; car on travaillera alors sous des chutes moins fortes.

Du reste, la manœuvre d'ouverture ou de fermeture ne se fera pas en une seule fois, mais successivement et progressivement, à mesure que le débit de la rivière variera ; il n'y a donc pas à se préoccuper de la durée des manœuvres.

On augmentera ou l'on diminuera chaque jour le nombre des vannes placées contre les fermettes, de même que dans les barrages Poirée on place ou l'on enlève successivement un certain nombre d'aiguilles à des intervalles plus ou moins éloignés pour que le débouché du barrage corresponde toujours au débit de la rivière. Le niveau du bief d'amont, au lieu de subir une variation brusque lors des manœuvres, restera pour ainsi dire invariable, sauf lorsque la rivière s'élèvera naturellement au-dessus du niveau normal de la retenue, après l'enlèvement de toutes les vannes. C'est alors seulement qu'il sera nécessaire de couler les fermettes, pour les relever lorsque la hauteur naturelle des eaux sera descendue en contre-bas du niveau habituel du bief d'amont. On pourra alors commencer à refermer le barrage immédiatement, sans jamais laisser descendre les eaux en contre-bas du niveau normal de la retenue.

Les barrages fermés par des hausses mobiles sur un axe de rotation présentent au contraire à ce point de vue un grave inconvénient, c'est qu'après une crue il faut

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

re un rabais considérable du bief pour pouvoir r les hausses et refermer le barrage. Il sera du reste ent nécessaire d'ouvrir complètement le barrage et tre les fermettes, et cette manœuvre sera d'autant fréquente que la hauteur du barrage sera plus con- ble.

ouverture complète des barrages mobiles n'a pas lieu le deux ou trois fois par an sur la haute Seine et basse Seine et elle est quelquefois encore moins fr- e; ainsi les barrages de Paris à Montereau, fermés i 1873, n'ont été ouverts qu'en décembre 1874, être restés fermés pendant plus de dix-huit mois sans uption.

evient nécessaire d'ouvrir entièrement les barrages de anoine lorsque le débit du fleuve s'élève assez pour s hausses des passes navigables basculent spontan- et la même nécessité se présente pour les barrages

Poirée, lorsque le niveau d'aval menace d'atteindre t de service.

hauteur des fermettes d'un barrage à vannes n'étant imitée, comme dans le système de M. Poirée, par la sité de réduire autant que possible la longueur des les, la passerelle pourra être élevée notablement plus que la retenue et même au-dessus des crues ordi- .

résultat est fort important et permet de ne plus se cuper beaucoup de la durée des manœuvres, car on a plus à redouter de ne pouvoir terminer l'ouverture arrage avant l'arrivée d'une crue et de le voir sub- é sans qu'on puisse achever la manœuvre, comme 'est présenté deux fois à Suresnes pendant les crues commencement de l'année 1873. Ce barrage s'est en trouvé submergé une première fois, du 21 janvier février 1873, avec toutes ses fermettes debout et aiguilles en place, et du 27 février au 28 mars sui-

ants avec 90 aiguilles. Un fait analogue s'était produit pendant la crue de 1866 au barrage d'Évry, dont les chasses de déversoir sont restées en bascule sur leurs chevalets pendant toute la crue, parce qu'il n'y a pas de barres latérales sur les déversoirs de la haute Seine et qu'en 1866 leurs passerelles à fermettes n'étaient pas encore construites.

Ces deux accidents n'ont eu aucune conséquence fâcheuse, mais ils auraient pu en avoir, et il est certainement fort utile d'en éviter le retour, comme on pourra le faire avec le barrage à fermettes et vannes en élevant suffisamment le niveau de la passerelle.

La facilité avec laquelle on pourra faire varier dans toutes proportions le débouché ouvert aux crues est aussi très-importante.

La manœuvre des barrages de M. Chanoine est déjà trop rapide et les ingénieurs de la haute Seine ne cessent de recommander aux éclusiers de la faire très-lentement; car lorsqu'on ouvre un barrage trop rapidement, on produit en aval une crue torrentielle factice souvent très-dangereuse, et lorsqu'on ferme trop rapidement, on affame outre mesure l'aval où les bateaux sont exposés à s'échouer.

Les manœuvres rapides pouvaient être utiles pour former des éclusées avec des barrages de peu de hauteur, mais elles ne peuvent être admises avec de fortes chutes, surtout lorsqu'on établit un certain nombre de barrages à la suite les uns des autres, car leurs effets s'ajoutent, puis- qu'il devient ordinairement nécessaire de les ouvrir ou de les fermer tous presque simultanément. La rivière la plus tranquille devient alors torrentielle au moment des manœuvres d'ensemble et la navigation en souffre beaucoup, soit au moment de l'ouverture, soit au moment de la fermeture générale de tous les barrages.

Le barrage à vannes présentera à ce point de vue les mêmes avantages que le barrage à aiguilles : en outre, le

débit, ayant lieu par déversement sur toute la longueur de la rivière, se répartira également sur cette étendue; les affouillements seront moins à craindre et l'en ne produira pas de remous gênants en aval des écluses, comme cela se présente quelquefois sur la haute Seine, lorsque le déversoir est en partie ouvert et la passe fermée.

Enfin on pourra obtenir le même résultat que si, dans un barrage-déversoir, on pouvait abaisser successivement le seuil à mesure que le débit augmente.

On réalisera donc ainsi le barrage à seuil mobile demandé naguère par le Conseil général des ponts et chaussées, pour éviter de placer le seuil fixe au-dessus du fond naturel de la rivière, comme l'a rappelé M. Saint-Yves dans un mémoire publié en novembre 1870 dans l'*Annales* (page 440). L'étage inférieur des vannes pourra n'être enlevé que très-rarement; on le lèverait du reste légèrement pour empêcher les atterrissements en amont.

Dans les chapitres VI et VII de la notice sur le barrage de Port-à-l'Anglais, j'ai insisté sur l'utilité de disposer les barrages mobiles de manière à pouvoir faire varier le débouché dans toutes proportions, suivant le débit de la rivière, et de façon à faire toutes les manœuvres sous la plus faible chute possible. J'ai montré qu'on peut obtenir ces résultats, quel que soit le système de fermeture, en divisant le barrage en plusieurs travées, dont les seuils soient établis à des niveaux différents; mais cette solution est dispendieuse, car elle conduit à donner au barrage une fort grande longueur.

Dans un barrage composé de plusieurs rangées de vannes ordinaires glissant verticalement entre des fermettes, les mêmes résultats seront obtenus d'une autre manière peut-être plus simple et plus économique. Il conviendra tous les jours, pour réduire les dépenses, de limiter la largeur de la passe navigable profonde à la mesure strictement nécessaire pour la navigation; mais cependant ici la dépense de

Le premier établissement ne croîtra pas aussi vite avec la hauteur que dans les systèmes plus compliqués. D'un autre côté, comme la passe navigable sera fermée par plusieurs étages de vannes, elle pourrait à la rigueur constituer tout le barrage à elle seule et l'on y trouverait au besoin, les unes au-dessus des autres, les diverses passes de hauteur différente, qu'il est nécessaire de placer, à côté les unes des autres, dans un barrage fermé par des vannes ou des aiguilles d'une hauteur égale à celle de la retenue. Cela pourrait être utile pour un barrage établi dans une partie de rivière de peu de largeur comme dans une ville où la rivière est resserrée entre des murs de quai, par exemple si l'on avait voulu compléter à Paris le barrage de la Monnaie en fermant le bras droit, comme on y avait songé jadis, ou si l'on veut établir un barrage près de l'embouchure de la Saône à Lyon, comme il en est question, pour relever les eaux dans la traversée de cette ville et sur le basc de l'écluse de l'île Barbe. Dans tous les cas, on aura à examiner, sous divers points de vue, et notamment sous celui des dépenses de construction, s'il convient de diminuer la longueur totale du barrage en augmentant celle de la passe la plus profonde, ou d'adopter la solution contraire, tout en conservant la même section d'écoulement pour les crues.

On aura pour cela une facilité que ne présentent pas les autres systèmes, et l'on aura en même temps une autre solution du problème, que M. Charles Poirée n'a résolu au barrage de la Monnaie qu'aux dépens de la navigation, car le batellerie ne peut franchir ce barrage. Il existera toujours sur les vannes du nouveau barrage, comme sur les bâteaux de la Monnaie, une lame déversante d'une épaisseur variable suivant le débit de la rivière et la longueur totale du barrage, mais suffisante pour maintenir dans le bief d'amont un courant superficiel et le débarrasser de tous les détritits flottants, qui viennent s'accumuler habi-

tuellement en amont des barrages à aiguilles. Je n'ai pas besoin d'ajouter que cette lame déversante permettra, comme avec les barrages à hausses, de supprimer le déversoir fixe, qu'il est indispensable d'adjoindre aux barrages à aiguilles, pour que le bief ne s'élève pas dans certaine circonstance jusqu'au niveau du pont de service.

On sait que la suppression de ce déversoir fixe produit une économie considérable, qui seule pouvait compenser les fortes dépenses de construction des autres barrages à déversement, comme ceux de M. Chanoine et de M. Desfontaines. Le déversement, qui n'est qu'intermittent dans les barrages de M. Chanoine à cause des intervalles des hausses, sera ici continu, comme à la Monnaie, car le vannage pourra être presque complètement étanche s'il est établi avec soin, et alors tout le débit de la rivière s'écoulera en déversoir sur la crête des vannes.

Cette propriété du barrage permettra de consacrer la presque totalité des eaux du fleuve à faire mouvoir une usine hydraulique et la valeur de la force ainsi utilisée équivaldra, si la chute est un peu forte, aux dépenses de construction du barrage, dépenses qui pourront ainsi devenir productives, indépendamment de l'amélioration de la navigation.

Malgré les pertes d'eau inévitables, il est probable que l'on pourra mesurer à chaque instant le débit de la rivière, sur le déversoir en mince paroi formé par les vannes, avec une approximation au moins égale à celle que l'on ne peut obtenir que par des opérations longues et compliquées et, par conséquent, à de rares intervalles seulement, au moyen des flotteurs de surface, du moulinet de Woltmann ou du tube Pitot-Darcy.

On pourra donc indiquer avec une grande précision aux éclusiers des barrages d'aval les manœuvres qu'ils devront faire en chaque circonstance, suivant la variation du débit du fleuve. Il n'en est pas de même avec les barrages à

aiguilles ou à hausses Chanoine, et les éclusiers sont quelquefois exposés à faire des manœuvres intempestives, qui se répercutent d'une manière fâcheuse en aval.

Enfin, les vannes devant être enlevées et mises en magasin pendant les crues, comme les aiguilles des barrages de M. Poirée, il sera facile de les tenir toujours en bon état, de les réparer, calfater, goudronner. Il n'en est pas de même dans les barrages de M. Chanoine et autres, dont les hausses sont toujours sous l'eau, que le barrage soit ouvert ou fermé; aussi l'entretien de ces hausses est-il difficile et fort onéreux.

§ 3. — Dimensions et dispositions des vannes.

La largeur des vannes sera déterminée par l'espacement des fermettes, elle ne sera jamais beaucoup supérieure à 5 mètres et elle diminuera généralement à mesure que la hauteur totale de la retenue augmentera. Quant à leur hauteur, elle dépendra à la fois de celle de la retenue à maintenir, de la largeur du pont de service sur lequel on devra les transporter, et de la solidité de ce pont qui seule limitera la force de l'appareil de levage. Le pont de service étant nécessairement d'autant plus solide que les fermettes seront plus fortes et plus rapprochées, à mesure que la retenue sera plus grande, on pourra augmenter la hauteur des vannes dans les barrages de grande hauteur pour en diminuer le nombre; on pourra notamment admettre une assez grande hauteur pour les vannes du fond reposant sur le seuil du barrage, toujours noyées dans le bief d'aval; car on ne les manœuvrera jamais que sous une chute presque annulée ou au moins très-faible.

Cependant comme la surface totale et le poids des vannes ne devront jamais être trop considérables pour qu'elles soient maniables, je pense que cette surface devra généra-

lement être comprise entre 1 et 2 mètres carrés et s'élever peu de 1^m,50.

Les vannes des étages supérieurs se manœuvreront habituellement sous une chute un peu plus forte que celle du fond, et il conviendra peut-être de les faire un peu moins hautes, enfin il sera fort avantageux de placer à la partie supérieure un rang de vannes très-légères, que les éclusiers puissent manœuvrer à la main pour régler la retenue sans le secours d'aucun treuil. Si l'on donne seulement 0^m,25 ou 0^m,30 de hauteur aux vannes de la rangée supérieure, elles se réduiront à de simples planches très-légères, puisque étant toujours très-peu chargées elles pourront être très-minces; on les manœuvrera à la main aussi facilement que de courtes aiguilles, et pourtant en les enlevant on augmentera le débit de 200 à 300 litres par mètre courant, ce qui suffira généralement pour régler le bief pendant toute la saison des basses eaux. Si la rivière était sujette à des variations de débit plus considérables ou que le débouché linéaire du barrage fût faible, on pourrait placer à sa partie supérieure deux rangées superposées de vannes de cette espèce; elles ressembleraient beaucoup aux poutrelles, avec cette différence qu'au lieu de véritables poutres ce ne seraient que de simples planches d'une faible longueur.

Si ces vannettes placées à la partie supérieure n'ont que 0^m,30 de hauteur sur 1^m,20 de largeur, et qu'il y ait une lame déversante de 0^m,20 au-dessus d'elles, la charge d'eau qu'elles supporteront sera de 126 kilog., et comme elles reposeront sur deux appuis distants de 1^m,20, il suffira de leur donner 0^m,03 d'épaisseur. Ce ne seront donc que des planches ordinaires pesant 6 à 8 kilog. et qu'un homme portera très-facilement. Pour les faire glisser verticalement le long des fermettes, en admettant un coefficient de frottement d'environ 50 p. 100, il faudra développer un effort de 63 kilog.; l'éclusier les lèvera donc facilement au moyen

un simple levier, et il les remettra en place avec le même levier, dont il se servira au besoin comme d'un pilon pour frapper des coups successifs.

Les vannes inférieures, qui seront beaucoup plus hautes et plus chargées, pourront être en fonte, en tôle, ou en bois, mais le plus simple et le plus économique sera de les faire en bois, de sorte qu'elles soient en même temps plus légères et d'un entretien plus facile. Dans ce cas elles se composeront de plusieurs madriers horizontaux superposés, assemblés à rainure et languette, ou mieux à double rainure et fausse languette en fer feuillard ; ces madriers seront en outre réunis par des traverses verticales, et reposeront tous par leurs extrémités sur deux fermettes voisines.

Si elles ont 1^m,20 de largeur sur 1^m,30 de hauteur, et que la chute s'élève à 3 mètres, chacune des vannes aura une surface de 1^m,56, et supportera une charge de $3.000 \times 1^m,56 = 4.680$ kilog. ; il conviendra alors de donner aux madriers l'épaisseur habituelle de 0^m,08, et une épaisseur de 0^m,10 suffirait si la chute s'élevait à 4 mètres.

Les vannes n'auront donc pas une épaisseur supérieure aux aiguilles habituellement employées, et lorsqu'on ouvrira le barrage, le cube de bois à transporter au magasin ne sera pas plus considérable que dans les barrages de M. Poirée.

Ce transport pourra, du reste, se faire au moyen d'un petit chariot roulant sur la passerelle ; il ne présentera donc aucune difficulté et n'entraînera pas de perte de temps.

La charge des vannes sera considérablement réduite au moment de leur levage, mais cependant si pour une raison quelconque on voulait les lever sous la chute totale de 3 mètres, il ne faudrait encore développer qu'un effort de 2.340 kilog., en admettant le coefficient de frottement de 50 p. 100 : ainsi un treuil comme celui de la passerelle du

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

t-à-l'Anglais suffirait à la manœuvre, p
r 3.000 kilog.

tes portent des cornières latérales form
vannes glisseront dans ces rainures com
lins, et les madriers dont se compose cha
t réunis par des traverses verticales en f
e forme quelconque, pourvu qu'il y ait u
r le bord de la vanne, pour diminuer le f
coulisse en fer cornière.

fermettes portent des coulisseaux compl
nnent à subir une légère déformation,
nt se trouver serrées dans ces coulisses
férable de les placer contre une simple fe
vers l'amont, et de réunir les madriers
par deux fers cornières ou à T fixés à la
rales. L'un des angles de ces fers s'applique
angle d'amont du montant de la ferme
ra pas nécessaire de donner une forme sp
même de ces traverses en fer à T augme
des vannes et les empêchera de se gauch
est pas à craindre qu'elles se gauchisse
ion de l'eau, elles ne pourraient que fléch
et il sera facile de l'éviter en donnant
épaisseur suffisante. Elles ne pourront pas
lage dans le magasin, lorsqu'elles seront be
on a soin de les empiler convenablement
utres en chargeant la dernière.

dispositions diverses. — Vannes automobiles.

'autres dispositions pourraient être adopte
s. Ainsi l'on pourrait établir d'abord un cad
des bordages; mais je ne pense pas qu'e
er leur poids par ce procédé, du moins
ois, et l'on reporterait ainsi la charge de l'e

sur certains points particuliers des fermettes au lieu de la répartir sur toute leur hauteur, et cela présenterait certainement quelques inconvénients.

On pourrait être tenté aussi de placer des galets entre les vannes et leurs glissières, mais si ces galets n'avaient qu'un faible diamètre, au bout de peu de temps d'immersion ils tourneraient difficilement; en outre, toute la charge reposant sur les galets, ceux-ci s'imprimeraient à la longue dans le montant de la fermette sur lequel la charge serait mal répartie; enfin, les galets entraîneraient, je crois, des pertes d'eau qu'il sera généralement préférable d'éviter.

Pour activer l'ouverture des barrages à aiguilles, on a employé dans certains cas un expédient bien connu qui consiste à laisser échapper à la fois toutes les aiguilles d'une travée, après les avoir fixées à un cordage au moyen duquel on les repêche ensuite en aval: différents systèmes de lâchages ont été adoptés, notamment sur la haute Saône, sur l'Yonne et sur la Meuse.

Cet expédient pourrait à la rigueur être appliqué à des vannes aussi bien qu'à des aiguilles, et il suffirait pour faire reposer l'une de leurs extrémités latérales sur un poteau-valet faisant corps avec la fermette et disposé comme les poteaux analogues des barrages à poutrelles. Mais il serait plus difficile de repêcher des vannes que des aiguilles à l'aval du barrage, car les premières seront plus lourdes et ne flotteront pas comme les secondes.

On pourrait augmenter plus simplement et aussi rapidement le débouché à l'arrivée d'une crue, en insérant dans les vannes des papillons analogues à ceux qui ont été ajoutés aux hausses des passes navigables de la haute Saône.

Les vannes, au lieu de former des panneaux pleins, se composeraient alors d'un cadre supportant une ventelle tournante par l'intermédiaire d'un axe horizontal ou vertical. La facilité avec laquelle on pourra enlever les vannes

Les porter en magasin, ou seulement pour modifier la position dans la hauteur de la retenue, permettra d'arriver facilement par tâtonnements la meilleure disposition à adopter pour la ventelle et la position de son axe de rotation et d'expérimenter toute espèce de ventelles manuelles ou même automobiles.

On pourrait, par exemple, insérer dans les vannes, et principalement dans celles des étages supérieurs, des pannes à axe horizontal ou des ventelles à axe vertical, comme celles des portes des écluses de chasse, ou même des vannes Chaubard à niveau constant ou tout autre système de vannes automobiles.

On pourrait aussi consister en définitive à appuyer directement les fermettes de M. Poirée les hausses à bascule de M. Chanoine, en supprimant leurs chevalets, arcs-boutants, barres à talons, etc., et en faisant disparaître par conséquent la complication, qui a été reprochée au barrage fort-à-l'Anglais, où les fermettes de la passerelle devaient faire double emploi avec les supports spéciaux des hausses.

On réaliserait ainsi complètement la fusion des systèmes de M. Poirée et Thénard, que cherchait M. Chanoine en construisant le barrage de Courbeton (*Annales* 1851, 2^e semestre). On conserverait les avantages que présentent les fermettes sur les supports plus compliqués des hausses et on éviterait le déversement de l'eau sur toute la longueur du barrage et l'augmentation rapide de débouché que présentent ces hausses et qui font défaut aux aiguilles; on éviterait les difficultés que présentent les réparations des hausses.

En un mot on réunirait ainsi presque tous les avantages des différents autres systèmes de barrages tout en évitant la plupart de leurs inconvénients.

Mais les vannes ainsi appuyées sur des fermettes devraient toujours être d'assez faibles dimensions pour qu'on

aisse les retirer de l'eau et les porter au magasin, et il faudrait toujours en superposer plusieurs dans la hauteur de la retenue, à moins que celle-ci ne fût très-peu élevée.

Grâce à leurs faibles dimensions et à leur position au-dessous d'une passerelle de service, on pourrait toujours ouvrir ou fermer ces vannes tournantes à la main, par l'intermédiaire d'un croc de marinier; elles ne présenteraient donc pas les inconvénients bien connus des grandes vannes automobiles ou de celles qui, sans se mouvoir spontanément, doivent être manœuvrées de la rive par des mécanismes immergés sous l'eau et d'un entretien difficile.

L'expédient de ces vannes tournantes, outre qu'il permettrait d'augmenter rapidement le débouché à l'arrivée d'une crue, diminuerait les efforts nécessaires pendant les manœuvres, car il est évident qu'après l'ouverture des vannes tournantes la pression et le frottement de leurs fermettes sur les fermettes seraient considérablement réduits, quelle que fût la chute.

Il y a mieux : on peut, par ce moyen, annuler complètement les frottements, car une ventelle de cette espèce ressemblant, lorsqu'elle est ouverte, à un gouvernail de bateau se place d'elle-même dans la direction du courant; si elle s'appuie sur sa culasse, la pression de l'eau agira en dessous d'elle et elle glissera le long des fermettes jusqu'à ce qu'elle rencontre la vanne inférieure ou le seuil; si, au contraire, on exerce une traction sur cette culasse avec un croc de marinier, la pression de l'eau agira en dessous de la vanne et la fera monter le long des fermettes jusqu'au niveau de la retenue. Je me suis assuré par une expérience directe qu'un seul homme ou deux au plus peuvent faire descendre ou monter ainsi le long des fermettes une vanne d'environ 1 mètre carré de surface, par leur seule force et sans le secours d'aucun treuil.

Mais cette expérience est difficile à réaliser et exige l'emploi d'une vanne assez compliquée; il faut d'abord un

cadre contenant la vanne mobile sur un axe de rotation horizontal dont la position doit être déterminée convenablement, puis il faut qu'on puisse ouvrir ou fermer une petite ventelle dans la culasse de cette vanne tournante, pour que la pression de l'eau tienne celle-ci ouverte ou fermée, suivant la volonté de l'éclusier. Toutes ces complications présenteront généralement plus d'inconvénients que d'avantages ; elles pourraient cependant être utiles dans certains cas particuliers, et c'est pourquoi je les indique.

En général, les vannes automobiles sont assez capricieuses ; les herbes ou autres détritrus flottants en gênent le mouvement, et lorsqu'elles ne fonctionnent pas d'elles-mêmes on se trouve fort embarrassé. En admettant même qu'elles fonctionnent avec une précision absolue, soit d'elles-mêmes, soit par l'intermédiaire de robinets, de vannes ou d'engrenages manœuvrés sur la rive, elles ne le font que dans les circonstances déterminées pour lesquelles elles ont été établies et si, pour un motif quelconque, on veut les empêcher de se mouvoir dans ces circonstances ou les manœuvrer dans d'autres, on ne peut le faire et l'on se trouve dans un grand embarras, car il n'est pas toujours prudent, ni même possible, de s'en approcher avec des bateaux.

L'expérience des hausses automobiles des déversoirs de la haute Seine, avant l'établissement des passerelles à fermettes, auxquelles on les a reliées par des chaînes, a été fort concluante à ce sujet.

Le barrage à vannes et fermettes, comme celui de M. Poirée, n'exige aucun mécanisme immergé : l'appareil de levage est au contraire toujours accessible ; il pourra donc recevoir toutes les complications nécessaires sans le moindre inconvénient ; à la rigueur il pourrait être mis en mouvement par une machine à vapeur ou par une presse hydraulique, au moyen d'un accumulateur placé sur la

re et dans lequel la pression serait emmagasinée comme au barrage de l'île Brûlée par une turbine mue par la chute.

Il ne sera donc généralement pas nécessaire de chercher à compliquer les vannes pour faciliter les manœuvres, bien que grâce à la passerelle et à la faible dimension des vannes ces complications perdent ici beaucoup de leurs inconvénients.

Si ces améliorations peuvent être utiles dans certains cas particuliers, malgré les complications qu'elles entraînent, on pourra généralement se contenter de simples panneaux pleins et l'on satisfera à tous les besoins dans la généralité des cas en manœuvrant ces panneaux superposés par étages horizontaux.

§ 1. — Dimensions des fermettes. — Hauteur des retenues.

Personne ne conteste que ce qui a limité jusqu'à présent la hauteur des barrages à fermettes ce sont les aiguilles seules et non les fermettes.

Si l'on peut enlever les aiguilles par des moyens mécaniques, soit en laissant échapper toute une travée à l'aval, comme on le fait sur l'Yonne, sur la Meuse et ailleurs, soit en se servant d'un treuil porté sur un bateau pour les retirer vers l'amont, comme on le fait sur la basse Seine, il paraît à peu près impossible de les remettre en place autrement qu'à la main.

La manœuvre à faire pour mettre des aiguilles en place exige des mouvements compliqués auxquels une machine ne saurait guère se plier et pour lesquels la force intelligente et l'adresse d'un homme sont nécessaires, et, cela est plus grave, deux hommes ne peuvent guère s'entr'aider dans la pose d'une aiguille; il faut que l'éclusier soit assez robuste pour les mettre en place à lui seul.

Du reste, il ne me paraît pas très-rationnel de cher-

cher à faire manœuvrer des aiguilles par une machine imitant les mouvements du barragiste. Toutes les fois qu'on a voulu faire mécaniquement un travail que l'on faisait antérieurement à la main, on a dû changer la forme de l'outil que l'homme employait et faire travailler la machine autrement qu'on ne ferait à la main. Il en est de même ici, et, pour manœuvrer des aiguilles mécaniquement, le mieux me paraît être de les remplacer par des vannes.

Or, la nécessité de faire manœuvrer les aiguilles à la main par un seul homme assigne une limite très-restreinte à leurs dimensions et, par conséquent, à la hauteur des barrages. Aussi la hauteur maxima des barrages de M. Poirée paraît à peu près atteinte sur la basse Seine, à Martot-Suresnes, etc., où la retenue s'élève à 3 mètres sur le seuil, elle l'est bien certainement sur la Meuse, où la même hauteur atteint près de 3^m,50.

Encore n'arrive-t-on à ces hauteurs sur la Meuse que grâce à l'expédient des échappements, et sur la basse Seine en faisant porter les aiguilles sur trois appuis, au moyen des barres d'appui intermédiaire ou barres de soulagement employées pour la première fois par M. Marini aux barrages de Bezons et d'Andresy. Mais la manœuvre de ces barres d'appui est fort longue, fort difficile, et quelquefois même dangereuse.

La hauteur des barrages de MM. Desfontaines, Girard et autres est encore bien plus limitée. Quant aux barrages de M. Chanoine, outre les complications assez grandes inhérentes à ce système ingénieux, les chevalets, les arcs-boutants et les hausses elles-mêmes atteindraient des dimensions exagérées et leur poids deviendrait considérable si la retenue dépassait une certaine hauteur. Cependant la limite de hauteur à laquelle les barrages de ce genre peuvent s'élever, n'a pas encore été atteinte en pratique; elle paraît pouvoir dépasser 4 mètres et peut-être même 4^m,50,

mais la dépense de premier établissement croît très-vite avec la hauteur de la retenue.

Dans un barrage à fermettes et vannes ordinaires étagées, il me paraît démontré par ce qui précède que la hauteur de la retenue ne peut être limitée par les vannes, puisque leur manœuvre se fera toujours à très-peu près dans les mêmes conditions, quel que soit le nombre d'étages que l'on ait besoin de superposer.

Quant aux fermettes, elles peuvent atteindre de très-grandes dimensions sans inconvénients : celles de Port-à-l'Anglais ont déjà près de 5 mètres de hauteur sur 3 mètres de base et pèsent 600 kilog. chacune, on les manœuvre sans difficulté avec un léger treuil ; l'expérience comme le calcul indiquent qu'on pourrait en établir de beaucoup plus grandes encore.

Mais je dois répondre ici à une objection qui m'a été faite à propos de la notice sur le barrage de Port-à-l'Anglais. Quelques ingénieurs ont contesté qu'il pût être nécessaire d'établir des retenues de plus de 4 mètres ou 4^m,50 sur le seuil, et je ne puis admettre leur avis. Depuis qu'on établit des barrages mobiles, c'est-à-dire depuis les inventions à peu près simultanées de M. Thénard, en 1831, et de M. Poirée, en 1834, on a toujours augmenté la hauteur de retenue des barrages que l'on a construits successivement, et je crois que l'on est encore assez loin de la hauteur maxima qu'il peut être nécessaire de donner aux barrages mobiles.

Jusqu'à présent, on a toujours subordonné la hauteur des retenues et, par conséquent, les projets de canalisation des rivières à la hauteur du type de barrage que l'on voulait employer. Ainsi, en 1844, M. de Sermet établissait le premier projet de canalisation de la haute Seine avec des barrages relevant chacun les eaux de 2^m,30 au-dessus de leur seuil. Plus tard, M. Chanoine modifia ce projet pour employer partout un type de barrage de 3 mètres de hau-

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

la même hauteur à peu près uniforme de 3 mètres adoptée sur la Marne et sur l'Yonne; enfin plus récemment M. Krantz a publié (1871, Monrocq, rue Suger, un projet de canalisation de la basse Seine avec des barrages de 4 mètres de hauteur, et dans tous les objets les niveaux des retenues étaient loin de s'élever au niveau des berges. A la page 61 du mémoire qu'on de citer, M. Krantz explique que les berges de la Seine se trouvent partout à 1 mètre au-dessus des retenues; il serait facile et peu coûteux de porter cette hauteur en surélevant de 0^m,50 quelques parties basses dans les points de halage. Or, il me semble qu'un projet de canalisation ne doit pas être subordonné à la hauteur des engins mécaniques de fermeture des barrages, mais que d'autres considérations plus importantes doivent déterminer l'élévation et la hauteur des retenues. Lorsqu'on construit un barrage, il y a évidemment un très-grand intérêt à élever les eaux le plus haut possible, c'est-à-dire jusqu'au niveau des berges, quand bien même la dépense d'établissement de ce barrage devrait s'accroître beaucoup. On pourrait ainsi le nombre des écluses, si l'on n'augmentait pas le tirant d'eau, et cela est très-important, car la construction, l'entretien et la manœuvre des écluses sont toujours plus onéreux que ceux des barrages; dans tous les cas, il est fort avantageux pour la batellerie d'avoir un tirant d'eau de moins à franchir.

Quant à ce qui concerne la Seine, de Paris à Rouen, l'augmentation du tirant d'eau offre un tel intérêt qu'on serait certainement tenté dans l'avenir d'exhausser les retenues, si que le niveau des berges le permettra, et déjà en 1840 M. Frimot, dans un très-remarquable mémoire qui se trouve à la bibliothèque de l'École des ponts et chaussées, proposait de donner à la basse Seine un tirant d'eau uniforme de cinq mètres au moyen de 10 barrages éclusés élevant les eaux jusqu'au niveau des berges.

Il n'y a en effet aucun motif pour ne pas élever les retenues sur les grandes rivières jusqu'au niveau des berges comme on le fait sur les petits cours d'eau en réglant les usines et, sur une rivière à forte pente et encaissée, on pourra avoir besoin d'établir des barrages mobiles de très-grande hauteur.

Je crois donc qu'il serait très-utile de n'être plus limité dans la construction des barrages mobiles par la hauteur des engins de fermeture, et je crois que les barrages à fermettes et vannes ordinaires pourront atteindre toutes les hauteurs nécessaires.

Il serait évidemment facile d'élever les retenues très-haut avec des engins mobiles assez petits, en plaçant le seuil fixe au-dessus de l'étiage, comme M. Thénard le faisait sur la rivière de l'Isles; mais cette solution a été rejetée sous ce titre par le conseil des ponts et chaussées comme trop coûteuse. M. Saint-Yves dans son mémoire de 1870 (Année novembre 1870, page 439); et en effet, il paraît nécessaire à tous les points de vue de conserver sur le seuil des passes des barrages le même tirant d'eau naturel que sur les baissiers voisins.

§ 6. — Résistance des fermettes.

Il est facile de s'assurer qu'on pourra toujours donner aux fermettes une résistance suffisante pour supporter une retenue d'eau très-élevée.

Une fermette est une poutre droite, verticale, encastree à sa base, qui supporte des pressions à peu près horizontales. La résultante de ces pressions se reporte sur les crapaudines de la base; celle d'aval reçoit à la fois une poussée horizontale vers l'aval et une pression verticale, tandis que celle d'amont doit résister à une traction verticale.

La crapaudine d'aval et la maçonnerie du radier pour-

ront toujours supporter la compression à laquelle elles seront soumises quelle qu'en soit l'importance; quant à la traction verticale sur la crapaudine d'amont et sur le seuil auquel elle est fixée, on pourra toujours la réduire à une mesure convenable en donnant une longueur suffisante à l'essieu de la fermette. En outre on pourrait, en ancrant le seuil convenablement ou en fixant les crapaudines sur une poutre en fonte ou en tôle noyée dans le radier, admettre sur la crapaudine d'amont une traction supérieure à celle de 3.400 kilog. qu'on a acceptée à Port-à-l'Anglais, sans que l'expérience y ait fait reconnaître aucun inconvénient. Enfin il sera facile de diminuer notablement la traction sur le seuil, sans augmenter outre mesure la base de la fermette, en inclinant légèrement son montant d'amont et le vannage qu'il supportera. J'ai fait voir, dans la notice sur le pertuis de Port-à-l'Anglais, qu'on a pu diminuer ainsi la traction sur le seuil des hausses en augmentant très-peu leur longueur et leur charge totale; la question est ici absolument la même.

Un calcul assez simple montre que, pour annuler complètement la traction verticale sur le seuil des fermettes, il suffirait d'incliner le vannage qu'elles supporteront de 15° ou 20° et de donner à la base de la fermette une longueur à peu près égale à la hauteur de la retenue; la pression sur la crapaudine d'aval diminue, du reste, en même temps que la traction sur celle d'amont.

Il est facile de s'assurer en outre par le calcul que, si l'on néglige la saillie du seuil au-dessus de la base de la fermette, la réaction de ses points d'appui sera absolument la même, soit que la pression de l'eau soit répartie sur toute sa hauteur par l'intermédiaire de poutrelles ou de vannes, soit que des aiguilles en reportent seulement le tiers sur le sommet des fermettes. En tenant compte de la saillie du seuil, les points d'appui sont un peu plus chargés par des vannes que par des aiguilles, mais moins que si le

seuil était descendu au niveau des crapaudines, et pour une retenue d'une hauteur énorme, il ne faudrait encore donner qu'un diamètre assez faible aux tourillons de la fermette.

Il n'en serait pas de même pour l'essieu, et il faudrait lui donner un diamètre exagéré pour les fortes chutes, s'il continuait à être en fer rond comme ses extrémités qui forment tourillons. Mais cet essieu est une poutre droite reposant sur deux appuis et soumise à deux forces appliquées assez près des points d'appui, à la rencontre des montants d'amont et d'aval de la fermette ; cette poutre pourra toujours présenter une résistance suffisante, si on lui donne la forme d'une poutre à double T, aux extrémités de laquelle on fixera des tourillons rapportés.

Quant à la partie supérieure de la fermette, elle pourra être plus légère, si elle est chargée par des vannes, que si elle supportait des aiguilles ; car si l'on considère une section horizontale quelconque de la fermette et qu'on cherche le moment fléchissant de cette section, sauf au niveau du bief d'amont où il est nul et à la base de la fermette où il atteint son maximum, ce moment sera toujours plus petit, si la retenue est formée par des vannes ou des poutrelles, que si elle était obtenue au moyen d'aiguilles, et pour une certaine section, le moment dû aux vannes pourra n'être que le tiers de celui que produiraient des aiguilles.

La partie de la fermette élevée au-dessus du bief d'amont pour exhausser la passerelle au-dessus des flots imprévus pourra être légère, car elle ne supportera aucune pression d'eau, et depuis le niveau du bief d'amont jusqu'à sa base la fermette devra avoir des dimensions transversales croissantes ; son centre de gravité sera donc situé assez bas et plus bas lorsqu'on emploiera des vannes que lorsqu'on emploiera des aiguilles. On pourra donc toujours la manœuvrer facilement avec un treuil assez léger, quand même elle serait très-grande et très-lourde, car le bras de

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

la puissance sera d'autant plus considérable que la force à faire mouvoir sera plus forte.

de grandes fermettes supportant des vannes, les fermettes prendront plus d'importance que s'il s'agit de poutres, un seul bracon ne suffira plus, et il conviendra d'approcher de la forme des poutres en treillis; on pourra aussi employer des fers spéciaux donnant une résistance transversale aussi forte que possible, car le défaut des fermettes de grande hauteur tient à ce qu'elles ne sont étoisées dans le sens transversal au courant entre la base et leur sommet.

Pour ce dernier motif, il conviendra d'établir les fermettes comme celles de la Saône et de Port-à-l'Anglais avec des fers en U ou à double T, et de rejeter les fers en croix à double T dont la résistance transversale est beaucoup

plus faible. Quant à la forme générale de la fermette, elle devra être déterminée dans chaque cas particulier; mais la forme habituelle des fermettes destinées à supporter des aiguilles ne paraît plus pour une hauteur de retenue un peu grande les pressions exercées par les vannes transversales du montant d'amont tendraient à le faire fléchir; les branches horizontales s'opposeraient, il est vrai, à cette flexion, mais en reportant des charges transversales sur le bracon unique et sur le montant d'aval, qui seraient ainsi exposés à subir une flexion. La forme de croix adoptée par M. André, adoptée pour les fermettes des déversoirs de la Haute Seine et pour celles de Port-à-l'Anglais, n'est pas plus rationnelle, car elle était motivée uniquement par la nécessité de soutenir la pression des roues du treuil de manœuvre; la branche de cette croix qui va de l'aval vers l'amont ne concourrait que très-peu à résister à la pression des vannes, et en ce qui concerne le treuil, il est inutile de faire descendre cette branche jusqu'à la base de la fermette.

Par ces motifs, je crois que la forme la plus simple et la plus rationnelle pour des fermettes destinées à soutenir plusieurs étages de vannes glissantes, serait celle d'une série de trapèzes superposés d'une hauteur égale à celle des vannes.

Ainsi, de même qu'on a superposé plusieurs vannes pour constituer la retenue, on superposerait plusieurs fermettes pour soutenir ces vannes ; le trapèze supérieur seul, situé au-dessus du bief d'amont, contiendrait une croix de Saint-André pour supporter le treuil, et les trapèzes inférieurs n'auraient qu'un simple bracon.

La fig. 4 (Pl. 6) représente cette disposition, et comme elle forme un treillis simple, il est facile de calculer la résistance des différentes pièces qui le composent. LC étant le niveau du bief d'amont, CE et EG deux vannes successives, la pression R sur la vanne supérieure se décomposera en deux autres forces parallèles P, appliquée en C, et Q, appliquée en E.

Si α est l'inclinaison, que je suppose égale, des montants d'amont et d'aval sur la verticale, β l'inclinaison du bracon CF, la force P produira :

$$\text{une tension du montant CE} = P \frac{\cos (\alpha + \beta)}{\sin (\alpha + \beta)},$$

$$\text{et une compression du bracon CF} = P \frac{1}{\sin (\alpha + \beta)}.$$

Au point F la pression du bracon CF donne :

$$\text{une tension suivant EF} = P \frac{\sin (\beta - \alpha)}{\sin (\alpha + \beta) \cos \alpha},$$

$$\text{et une compression suivant FH} = P \frac{\cos \beta}{\sin (\alpha + \beta) \cos \alpha}.$$

Ainsi l'on calculera facilement la dimension des diverses parties du trapèze CDEF dans lequel CD et DF ne servent,

comme le trapèze supérieur, qu'à supporter la passerelle et son treuil.

La pression de la deuxième vanne EG sera de même R', et se décomposera en deux forces parallèles P', appliquée en E, et Q', appliquée en G; on aura donc au point E les forces Q et P' et la tension de EC et de EF, dont la résultante déterminera la tension de EG et la compression de EH, et ainsi de suite.

On peut remarquer que si les montants de la fermette étaient verticaux, c'est-à-dire si α était nul, la tension de montant CE et la compression du montant FH seraient

égales entre elles et à $\frac{P}{\tan \delta}$, et la tension de l'entretoise

EF serait égale à P, et comme d'un autre côté les forces R et R' seraient horizontales, on n'aurait au point E que

la force verticale $\frac{P}{\tan \delta}$ et la force horizontale $R + P'$. Ainsi,

pour calculer la tension de EG et de GH et la compression du bracon EH, il suffirait de reporter parallèlement à elle-même au point E la pression R de la vanne supérieure.

Enfin, en inclinant les montants d'amont et d'aval sur la verticale, on réduit la charge de toutes les pièces de la fermette dans une certaine mesure; la tension CE dans le

rapport de $\frac{\tan \delta}{\tan (\alpha + \delta)}$; la compression CF dans le rap-

port de $\frac{\sin \delta}{\sin (\alpha + \delta)}$; la composante de la tension EF nor-

male à CG dans le rapport de $\frac{\sin (\delta - \alpha)}{\sin (\alpha + \delta)}$, etc...

On pourra objecter au dispositif de la fig. 4 (Pl. 6) qu'il ne donne pas une résistance transversale suffisante, au moment du relevage des fermettes, dans les sections horizontales voisines des entretoises; mais on remédiera facilement à ce défaut par de larges goussets placés aux points de rencontre des entretoises et des bracons avec les mon-

lants d'amont et d'aval. Cependant il sera peut-être nécessaire pour des fermettes de grande hauteur, par ce motif et aussi pour que les bracons ne soient pas trop chargés, de remplacer le treillis simple de la *fig. 4* par un véritable treillis, qui donnerait le dispositif de la *fig. 5* ou même de la *fig. 6*.

Si l'on adopte ces dispositions, le calcul sera plus difficile, il sera même indéterminé à cause des liaisons des pièces qui se croisent; on pourra néanmoins le faire moyennant certaines hypothèses, comme pour les poutres à treillis des ponts en tôle. Dans ce cas il conviendrait, pour ne pas couper les pièces qui se croisent, de réserver la forme en U ou à double T pour le cadre et pour les bracons inclinés; quant aux entretoises horizontales, qui sont tendues et n'ont par conséquent pas besoin d'une aussi grande distance transversale que les pièces comprimées, elles se composeraient de deux bandes de fer plat embrassant les autres comme des moises doubles (*fig. 7*).

Quant au montant d'amont, il pourra se composer d'un fer à U sur lequel serait rivé un fer à T; ce fer à T formerait la feuillure recevant les vannes, et il déborderait latéralement le fer à U pour masquer les goussets de réunion des entretoises, et leurs rivets qui pourraient gêner le glissement des vannes (*fig. 7*).

Enfin on pourra donner une plus grande rigidité aux bracons, tout en les composant de deux fers à U adossés, comme on l'a fait à Port-à-l'Anglais, en écartant ces deux fers et les reliant de place en place par des rivets traversant des rondelles d'écartement (*fig. 8*).

§ 7. — Entretoisement des fermettes successives. — Augmentation postérieure du niveau de la retenue.

On peut objecter contre l'établissement des fermettes de grande hauteur qu'elles ne sont pas suffisamment entre-

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

les dans le sens transversal au courant, car elles ne sont réunies entre elles qu'à la base, par l'intermédiaire de la passerelle.

En substituant des vannes aux aiguilles, on reliera commodément les fermettes les unes aux autres par l'amont jusqu'à la base jusqu'au sommet. On pourrait à la rigueur enlever les montants d'aval de glissières dans lesquelles on mettrait des vannes analogues à celles d'amont sur une hauteur de la hauteur ou seulement des vannes à claire-voie; le treisoisement serait alors complet à l'aval comme à l'amont.

Cette disposition reviendrait à diviser la chute en deux parties, et si la chute totale était forte, on diminuerait ainsi à une certaine mesure le danger des affouillements, puisque la force destructive de la cataracte se serait amortie sur les deux chutes successives. En outre, en employant des vannages successifs à l'amont et à l'aval des fermettes, on diminuerait considérablement la pression sur chacune des vannes, dont le poids et l'épaisseur diminueraient en conséquence, et les manœuvres seraient encore facilitées. Cet expédient, mais leur durée totale serait probablement augmentée.

Un mode analogue de répartition de la chute d'un barrage sur deux vannages successifs a déjà été expérimenté avec succès aux barrages voisins de Château-Thierry sur la Marne, où M. Jozon s'est contenté, pour augmenter la hauteur des retenues, de placer des aiguilles contre les fermettes du haut desquelles on manœuvre des hausses Chânoises placées en aval. Cet ingénieur a pu ainsi employer des aiguilles d'une très-grande longueur sans augmenter l'équarrissage et leur poids outre mesure, parce que, grâce aux hausses placées en aval, ces aiguilles ne supportent qu'une faible partie de la chute. Il a pu en outre augmenter la retenue des barrages sans en modifier les hausses, car les fermettes supportent l'excédant de chute que

les hausses n'auraient pu admettre, n'ayant pas été construites pour cela.

Cet exemple de la Marne montre que l'on a quelquefois besoin d'augmenter la hauteur d'un barrage postérieurement à sa construction, et ce fait s'est en effet présenté très-souvent déjà; plusieurs barrages ont dû même être reconstruits entièrement dans ce but, notamment le barrage de Bezons.

Le barrage à fermettes et vannes présentera un avantage très-sensible sur tous les autres à ce point de vue, car si l'on a établi dès le principe les fondations dans des conditions convenables de solidité et si l'on a donné une résistance suffisante aux fermettes, on n'aura qu'à placer une planche au-dessus des vannes pour augmenter la hauteur dans la mesure des besoins qui se présenteraient plus tard. Si même on voulait après coup exhausser dans une large mesure un barrage de cette nature, on pourrait le faire sans grands frais, puisqu'il suffirait de remplacer les fermettes et que les anciennes pourraient être utilisées ailleurs.

Dans tous les cas, lorsqu'on établira un barrage dont la hauteur ne s'élèvera pas dès le principe jusqu'au niveau des berges du fleuve, il conviendra de donner un excès de résistance aux fermettes, afin de permettre, en cas de besoin, un exhaussement momentané ou permanent de la hauteur.

CHAPITRE II.

APPLICATION AU BARRAGE DE PORT-A-L'ANGLAIS. — EXPÉRIENCES.

§ 1. — Dispositions adoptées pour les expériences.

Dispositions générales. — Le mode de fermeture des barrages mobiles décrit dans le chapitre précédent a été appliqué à titre d'expérience à la passe la plus profonde du barrage de Port-à-l'Anglais, et il a suffi pour cela de placer des vannes ordinaires contre les fermettes qui supportent le pont de service de cette passe.

Le barrage de Port-à-l'Anglais a été décrit dans la livraison d'août 1873 des *Annales*; la Pl. 20 de 1873 en représente les dispositions d'ensemble et la Pl. 21 représente spécialement le pertuis navigable dont les fermettes supportent maintenant des vannes glissantes; la Pl. 6, jointe au présent mémoire, reproduit seulement ces fermettes et montre les dispositions adoptées pour le levage et la mise en place des vannes.

Je rappellerai seulement que le pertuis navigable de Port-à-l'Anglais a 28^m,70 de débouché linéaire; il est fermé par 26 hausses du système de M. Chanoine, que l'on manœuvre avec un treuil roulant sur une passerelle de service composée de 26 fermettes.

Le niveau du bief d'amont est maintenu habituellement à 3^m,80 sur le seuil et s'élève quelquefois jusqu'à 4^m,10; la chute varie avec la hauteur naturelle de la Seine, en aval du barrage; elle s'est élevée jusqu'à 5^m,11 au mois de septembre 1874.

Fermettes. — Les fermettes ont 4^m,75 de hauteur entre leurs tourillons inférieurs et la passerelle, 5^m,10 de largeur à la base et 1^m,20 au sommet; elles sont espacées de

1^m,10 d'axe en axe. Elles sont établies avec des fers en U de 0^m,08 de base, 0^m,035 de hauteur et 0^m,007 d'épaisseur; le montant d'amont présente donc une partie plate de 0^m,08 de largeur sur laquelle deux vannes s'appuient de 0^m,03 chacune par leurs abouts en laissant entre elles un jeu de 0^m,02. Cette largeur d'appui de 0^m,03 est un peu faible, cependant on n'y a pas reconnu d'inconvénients jusqu'à présent, et il sera facile de donner ailleurs un peu plus d'épaisseur à la fermette et de séparer les vannes voisines en rivant un fer à T sur la partie antérieure du montant d'amont, comme je l'ai indiqué au chapitre précédent. Enfin le fer en U, sur lequel s'appuient les vannes, présente sur ses faces latérales des saillies provenant des plaques ou goussets d'assemblages des entretoises et des rivets, qui sont de nature à gêner le glissement des vannes ou au moins à augmenter considérablement les frottements; il serait facile d'éviter cet inconvénient dans la construction d'un autre barrage, notamment en faisant déborder le fer à T dont il vient d'être question sur les plaques d'assemblage et leurs rivets, comme le montre la fig. 7, Pl. 6.

Vannes. — Trois vannes en bois de chêne de 1^m,08 de largeur sur 1^m,30 de hauteur ont été placées l'une au-dessus de l'autre dans chaque travée comprise entre deux fermettes voisines, soit en tout 81 vannes pour les 27 travées. Ce vannage s'élève ainsi à 3^m,90 au-dessus du seuil, soit à 0^m,10 au-dessus de la retenue habituelle du bief, attendu que tout le débit du fleuve s'écoule ordinairement par les intervalles compris entre les hausses à bascule qui ferment les deux autres passes du barrage.

Chaque vanne se compose de 5 madriers de 1^m,08 de longueur sur 0^m,26 de largeur, assemblés à double rainure et fausse languette en fer feuillard et consolidés par deux fers à T boulonnés près de leurs extrémités. Ces fers

à T ont 1^m,30 de longueur, 0^m,10 de base, 0^m,045 de hauteur et 0^m,01 d'épaisseur; un de leurs angles embrasse l'angle correspondant du fer en U de la fermette. Lors de la manœuvre des vannes, les fers à T forment glissières et frottent sur les fers en U des fermettes; on a légèrement recourbé les extrémités des premiers, et cela a suffi pour qu'ils ne viennent pas accrocher les goussets des entretoises des fermettes (fig. 10 et 11, Pl. 6).

Les vannes des deux étages inférieurs ont 0^m,08 et celles de l'étage supérieur 0^m,06 seulement d'épaisseur; enfin un certain nombre d'entre elles portent des poignées en fer du modèle représenté sur le dessin de la Pl. 6 (fig. 2).

Par un motif d'économie, on a supprimé la poignée des autres et on l'a remplacée par une chaîne en fer fixée à demeure sur la vanne et dont l'autre extrémité s'accroche tantôt à la passerelle, tantôt au treuil de manœuvre; ces chaînes existaient au magasin du barrage, et leur emploi n'entraînait aucune dépense.

Par le même motif d'économie, on a remplacé les glissières en fer à T d'un certain nombre de vannes par de simples traverses en bois de chêne, et cela ne présente aucun inconvénient, à condition de manœuvrer toujours ces vannes lorsque la chute est presque complètement effacée.

Vannes légères au sommet de la retenue. — D'un autre côté, au lieu de placer dans toutes les travées trois vannes composées uniformément de 5 madriers de 0^m,26 de hauteur, on a réduit à quatre de ces madriers un certain nombre de vannes de l'étage intermédiaire et de l'étage supérieur, de sorte qu'elles n'aient plus que 1^m,04 de hauteur au lieu de 1^m,30, et l'on a complété la fermeture de ces travées par de petites vannes ou de simples planches de 0^m,26 ou de 0^m,52 de hauteur, qui suffiraient généralement pour régler la retenue pendant les basses eaux.

Ces vannettes de peu d'épaisseur étant placées au som-

met du barrage, l'éclusier les pose ou les enlève à la main avec une grande facilité sans le secours d'aucun treuil, mais il est obligé de les écarter vers l'amont avec un levier, pour leur faire éviter les boulons, qui fixent à l'amont des fermettes les tiges du garde-corps de la passerelle. Ces boulons et ces tiges, qui sont représentés sur la Pl. 21 de 1873 et qu'on a supprimés sur la Pl. 6 ci-jointe, gênent tous les manœuvres des vannes dans les expériences de Port-à-l'Anglais; mais il est évident qu'on les supprimerait ailleurs en reportant le garde-corps à l'aval.

Appareil de levage. — L'appareil de levage n'est autre que le treuil qui sert habituellement à la manœuvre des hausses établies en aval des fermettes et qui était déjà représenté sur la Pl. 21 de 1873. On a seulement fixé sur ce treuil une petite chèvre qui ne sert qu'à supporter, en l'élevant à la hauteur convenable, une poulie de renvoi nécessaire pour le levage des vannes. Une autre poulie de renvoi nécessaire pour descendre les vannes à fond a été fixée au pied de la chèvre sur le bâti du treuil. Enfin la chèvre porte une petite potence tournante au moyen de laquelle on reprend les vannes, quand elles sont élevées au-dessus de l'eau, pour les amener sur la passerelle et les déposer sur un petit chariot de transport et réciproquement. Cette petite potence a permis d'éviter de faire tourner le treuil lui-même sur la passerelle, car cela aurait nécessité son remplacement par une grue neuve à pivot vertical.

La disposition de la chèvre, adoptée par économie, présente le grave inconvénient d'obstruer la circulation sur le pont de service, car on pouvait auparavant passer d'un côté à l'autre du treuil dans l'emplacement où se trouve aujourd'hui la chèvre, et celle-ci intercepte maintenant le passage. Mais il est évident qu'on remédierait facilement à cet inconvénient en retournant le treuil bout pour bout,

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

cer dans la position indiquée sur la Pl. 21 en plaçant la chèvre, ou plutôt les supports pour la poulie de renvoi supérieure, au-dessus des poutres en fonte qui portaient le treuil et son ancre. Cette disposition n'a pu être adoptée à Port-au-Fort où l'on a voulu employer le treuil tel qu'il est représenté dans le principe, sans le modifier profondément. Elle pourra l'être ailleurs, et il sera en outre nécessaire d'élargir la passerelle de service, qui est fort étroite à Port-au-Fort, dût-on le faire au moyen de corniches enrobées fixées aux montants d'aval des poutres.

Exécution. — Le crédit affecté à la construction du pont destiné à reporter au besoin sur les fermes de Port-au-Fort la chute supportée habituellement par les hausses du système de M. Chanoine était fixé à 5.500 francs par décision ministérielle du 10 novembre 1874, et les économies indiquées dans le projet ont permis de ne pas le dépasser.

Un quart de ce crédit a été absorbé par les dépenses indépendantes des vannes elles-mêmes.

Les plans de 1873 montrent que le pertuis est séparé du déversoir par deux piles en maçonnerie qui supportent les fermettes du pertuis. Pour reporter sur les fermettes la retenue formée par les hausses, il a fallu creuser le vide ménagé entre ces piles au moyen de poutres en fer, ce qui a augmenté le prix de la construction et la pose, qui sont devenues difficiles et onéreuses, parce que les machines n'étaient pas disposées pour le recevoir et qu'il a fallu reporter au large du côté du déversoir pour abattre la première fermette du pertuis. La saillie du radier du déversoir en saillie sur le vide a encore compliqué cette construction.

Les dimensions de la première fermette sont de 1^m,30 sur 1^m,08 et 0^m,08 d'épaisseur.

se compose de 0^m, 112 de bois de chêne et 44 kilog. de fers pour les glissières en fer à T, la poignée, les languettes en fer feuillard et les boulons; chacune d'elles pèse donc environ 120 kilog. et a coûté près de 60 francs, savoir :

20^f,16 pour 0,112 de bois à 180^f et 59^f,60 pour 44^k de fer à 0^f,90.

Il faut 81 vannes de cette dimension pour former le vannage du pertuis de Port-à-l'Anglais, et ce vannage aurait coûté en totalité 4.860 francs, si toutes les vannes eussent été établies sur le modèle le plus coûteux; en ajoutant 140 francs pour la chèvre du treuil, on arrive à une dépense totale de 5.000 francs environ, soit pour 28^{m. courants}, 70^f, 174^f,22 par mètre courant.

La charpente et la serrurerie des hausses, fermettes, rails, radier, barres à talons, etc., de ce pertuis ont coûté en 1870, 59.879^f,24 (*Annales* 1873, 2^e semestre, p. 138), il résulte du décompte des travaux que cette somme se compose de 21.540^f,49 pour les fermettes et leurs accessoires, soit 750^f,53 par mètre courant, et de 38.338^f,75 pour les hausses, leurs rapports, leurs barres à talons, etc., soit 1.335^f,84 par mètre courant.

Si donc on avait dès le principe remplacé les hausses du système Chanoine par de simples vannes appuyées sur les fermettes, les mécanismes mobiles de fermeture auraient pu ne coûter que $750^f,53 + 174^f,22 = 924^f,75$ au lieu de $750^f,53 + 1.335^f,84 = 2.086^f,37$ par mètre courant, et cela représente une économie de 1.161^f,62 par mètre pour ces mécanismes seulement.

D'autre part, en laissant de côté les batardeaux et les dépassements, les maçonneries et terrassements du pertuis de Port-à-l'Anglais ont coûté, en 1870, 39.280^f,52 (*Annales*, 2^e semestre 1873, page 138), soit 1.368^f,65 par mètre courant. Or la coexistence des fermettes et des hausses a obligé de donner 16 mètres de longueur au radier dans le sens du courant, et si l'on remarque que sur

es 16 mètres 6^m,50 ont dû être construits en pierres de taille dans l'emplacement des hausses, on admettra facilement qu'en supprimant celle-ci on aurait pu réduire la longueur du radier et économiser au moins le quart de la dépense des maçonneries, soit 342^f,16 par mètre courant. On aurait ainsi économisé en définitive $1.161^f,62 + 342^f,16 = 1.503^f,78$ par mètre courant, c'est-à-dire près de 10 p. 100 de la dépense totale qui s'est élevée à 5.150^f,97 par mètre courant.

Ainsi il est permis de croire qu'en adoptant le nouveau système, au lieu de celui qui a été établi en 1870 à Port-à-l'Anglais, pour fermer un barrage comme celui de Port-à-l'Anglais dont la longueur atteint 120 mètres, et en supposant toutes choses égales d'ailleurs, on pourra réaliser sur cette construction une économie de 180.000 francs environ.

Enfin on peut remarquer que le pertuis de Port-à-l'Anglais ayant coûté 5.150^f,97 par mètre courant, si l'on retranche 1.503^f,78 de cette somme, il reste seulement 3.647^f,19 par mètre courant, soit 3.650 francs environ; or les dépenses faites pour la construction des 12 barrages de la haute Seine, entre Montebau et Paris, donnent en moyenne par mètre courant de passe navigable fermée par des hausses de 3 mètres : 3.069^f,68 (*Annales* 1868, 2^e semestre, page 408); ainsi le nouveau système de fermeture permet d'obtenir 4 mètres de retenue au lieu de 3 mètres, moyennant une augmentation de dépense de 600 francs ou d'un cinquième seulement par mètre courant.

§ 2. — Expériences.

Nature des expériences. — Il n'est pas possible, dans les expériences de Port-à-l'Anglais, de manœuvrer les vannes dans l'ordre logique et rationnel indiqué au § 2 du premier chapitre et d'enlever ou replacer toutes celles

d'une rangée horizontale avant de passer à la suivante, pour n'opérer que sous de faibles chutes, car la circulation des bateaux est beaucoup trop active dans les deux biefs séparés par le barrage pour qu'on puisse modifier leurs niveaux. On ne pourrait opérer de cette manière qu'au moment des manœuvres générales du barrage, qui sont aujourd'hui fort rares. On est donc obligé, dans ces expériences, d'enlever et de replacer ensuite les trois vannes d'une travée verticale comprise entre deux fermettes, et bien qu'on se place ainsi dans des conditions très-désavantageuses tout à fait différentes de celles de la pratique et que la disposition des fermettes et du treuil soient imparfaites, on a fait fréquemment cette manœuvre sans difficulté sous de fortes chutes ; l'expérience n'en est, du reste, que plus concluante.

Cette manœuvre a été faite notamment : le 3 avril dernier, en présence de M. Cambuzat, inspecteur de la division, et de MM. les ingénieurs en chef Leferme et Rougeul avec des hauteurs d'eau de 3^m,78 en amont et 1^m,48 en aval des vannes, et par conséquent sous une chute de 2^m,30 ; le 2 avril, en présence de MM. les inspecteurs généraux Kleitz, Kolb, Graeff, Chatoney et Duverger avec des hauteurs d'eau de 3^m,78 en amont et 1^m,29 en aval des vannes et une chute de 2^m,49 ; enfin le 4 mai, en présence de divers inspecteurs et ingénieurs et des élèves de l'École des ponts et chaussées.

Lors de cette dernière expérience un certain nombre de couvre-joints se trouvaient placés sur les intervalles des hausses établies en aval des fermettes, de sorte que l'eau s'élevait entre les vannes des fermettes et les hausses à mesure qu'on levait les vannes. Toutes les vannes étant placées contre les fermettes, l'eau s'élevait à 3^m,78 sur le seuil d'amont, à 1^m,60 entre les vannes et les hausses et à 1^m,13 en aval de celles-ci ; mais lorsqu'on eut enlevé les trois vannes d'une travée de fermettes, l'eau s'éleva à

2 mètres en amont des hausses, et il n'y avait plus que 1^m,78 de chute sur les vannes lorsqu'on descendit celle du fond pour la remettre en place. Les 3 et 9 avril, il n'y avait pas de couvre-joints sur les hausses, et le niveau a peu varié en aval des fermettes.

Cette observation montre déjà que le vannage des fermettes est beaucoup plus étanche que celui formé par les hausses établies en aval, et en effet lorsque les vannes sont bien à leur place elles perdent très-peu d'eau.

Lorsque toutes les vannes sont posées contre les fermettes, l'eau baisse immédiatement entre elles et les hausses. Le 3 avril, il n'y avait que 0^m,10 de chute de l'amont à l'aval des hausses, tandis que les vannes des fermettes supportaient une chute de 2^m,30; le 9 avril, les chutes étaient de même 0,13 seulement pour les hausses et 2^m,49 pour les vannes; enfin le 4 mai, alors qu'il y avait une travée de vannes de 1^m,10 de largeur enlevée sur 3^m,78 de hauteur et qu'un certain nombre de couvre-joints se trouvaient sur les intervalles des hausses, le vannage des fermettes supportait 1^m,76 de chute et les hausses 0^m,87 seulement.

Levage des vannes. — Les fig. 1 et 2, Pl. 6, représentent le levage d'une vanne. Si elle est munie d'une chaîne, l'éclusier l'accroche à celle qui passe sur la poulie supérieure de la chèvre; si au contraire la vanne est munie d'une simple poignée, l'éclusier accroche la chaîne du treuil à la douille de sa gaffe de manœuvre, puis il lance celle-ci en amont de manière qu'elle vienne s'appuyer sur la vanne; il soulève alors la gaffe dont le crochet rencontre la poignée et s'y accroche nécessairement grâce à la forme de celle-ci.

Il suffit de barrer au treuil pour élever la vanne jusqu'au-dessus de l'eau; on la reprend alors avec les moufles accrochés à la petite potence tournante, et en fai-

sant pivoter celle-ci on dépose la vanne soit sur la passerelle, soit sur un petit chariot de transport.

Mise en place d'une vanne. — Pour remettre une vanne en place, on l'amène auprès du treuil sur le petit chariot, on l'enlève avec les moufles de la potence, on fait tourner celle-ci et on laisse descendre la vanne contre les fermettes par son seul poids, jusqu'à ce qu'elle soit immergée de plus de la moitié de sa hauteur et que la pression de l'eau l'empêche de s'enfoncer davantage. S'il s'agit d'une vanne de l'étage supérieur, il suffit à l'éclusier de peser dessus avec son pied pour l'amener au contact de la vanne du deuxième rang. Pour les vannes du fond, on place sur le sommet de la vanne une tige ou flèche en bois terminée par une fourchette qui embrasse la vanne, et vers l'extrémité supérieure de laquelle on fixe la chaîne du treuil après l'avoir fait passer sous la poulie de renvoi inférieure, comme le montre la *fig. 3* de la Pl. 6.

Il suffit alors d'agir sur le treuil pour enfoncer la vanne sous l'eau, et l'on reconnaît qu'elle est descendue à fond lorsqu'une marque tracée sur la flèche vient affleurer la passerelle.

Sur le dessin, la flèche semble n'être guidée par rien dans son mouvement; en réalité, elle s'incline légèrement vers l'aval pour s'appuyer successivement sur les diverses traverses de la chèvre, et comme cela produit un frottement assez dur, il conviendrait de la faire porter alors sur des galets ou rouleaux fixés à la chèvre.

Dispositions diverses du treuil. — On obtiendrait facilement ce résultat en remplaçant la chèvre par un bâti analogue à celui des sonnettes à battre les pieux et portant comme elles deux poutres jumelles dressées dans le même plan que la face d'amont des fermettes et qui serviraient de guides à la flèche destinée à enfoncer les vannes.

Pour que la pression sur les vannes soit normalement à leur largeur et qu'il n'y ait ni vers l'une ou l'autre fermettement les frottements, on pourr^{ait} faire des poutres parallèles et reliées par des échelles ; chacune de ces flèches serait une des jumelles de la sonnette et on placerait à la base de l'échelle un crochet venant s'appuyer sur les deux faces des vannes elles-mêmes, et cette échelle à déclic qui s'accrocherait de lui-même à la poignée de la vanne en manœuvre.

L'échelle servirait alors à lever comme à descendre les vannes, le crochet à déclic serait amovible et on pourrait pour descendre les vannes à fond. On pourrait aussi manœuvrer l'échelle soit au moyen d'un câble passant tantôt sur une poulie de renvoi supérieure sous une poulie inférieure et enroulée sur le treuil au moyen d'une crémaillère fixée à l'échelle et qui engagerait avec un des pignons du treuil.

Il serait facile de débrayer cette crémaillère ou lui-même, si l'on voulait se servir de l'échelle de manœuvre comme du mouton d'une sonnette pour frapper les vannes et les descendre à fond plus rapidement. Les chocs pourraient avoir quelques inconvénients, et il viendrait dans ce cas de faire tomber l'échelle de manœuvre d'une très-faible hauteur seulement à chaque coup.

Enfin, comme les engrenages absorbent beaucoup de force par leurs frottements, on pourrait les remplacer par une petite pompe à main, et un corps de presse hydraulique fixé entre les jumelles de la sonnette remplacerait la crémaillère. Il suffirait que le cylindre de cette presse hydraulique eût une longueur assez restreinte qui pourrait être égale à la hauteur d'une vanne ; les échelons qui réunissent les deux montants de l'échelle seraient remplacés par des

S A FORTE CH

leur distance
clefs travers
tige de la p
ourse, on la ra
; pendant ce
aintenue imm
m de l'eau.
ra que les va
re les fermett
éclusiers auc

quelques-uns exposent les aiguilles et les ha
M. Chanoine. Celles-ci, au contraire, écha
ment de leurs appuis pendant les manœuvres
manque d'attention ou d'adresse ou de
imprudence, il reçoit un choc violent et il
jeté à la rivière; rien de tout cela n'est à c
vannes toujours en équilibre sur leurs
qu'elles sont immergées.

Durée des manœuvres. — Nous avons pri
employé à la manœuvre des vannes lors de
es, et il en résulte que ce temps es
e pour le levage et pour la mise en pl
ne on pouvait s'y attendre. Il faut d
enlever une vanne de $1^m,08 \times 1^m$,
se supérieur. La manœuvre des vannes
ant plus longue qu'on la fait à Port-à-
: totale du barrage; elle exige de 5 à 6 r
e de deuxième rang, et de 8 à 10 m
e de l'étage inférieur sous une forte c
ière manœuvre ne sera guère utile en
s, au contraire, fait remarquer dans le
que les vannes de l'étage inférieur s
vannes au moment des manœuvres ordin
Quoi qu'il en soit, on voit que l'on peut

, en 15 à 1
 $2,80 \times 1^m$,
 re de 100
 minute, et l'
 $1,20 = 0^m$
 étage supé
 le même d
 lles à Sure
 ge inférieur
 à-l'Anglais
 lles, car o
 lles sous u
 mètres de
 s hausses
 e Seine s'a
 barres à ta
 en relever
 bouché de
 quer que c
 faibles chu
 une hausse
 arrage co
 lais ; on n
 placement
 soire en ch
 ent consi
 , conclura
 es glissant
 it du systè
 omme agis
 ce qu'il pe
 lé la possib
 ulique.

presse est en général un outil très-lent, parce qu'un homme agit sur la pompe ; mais on remarquera que

cette pompe ne doit fonctionner que d'une manière intermittente pendant les manœuvres et, si l'on place à côté un réservoir de pression ou accumulateur, on pourra travailler continuellement à la pompe et dépenser ensuite en une minute, au moment de la manœuvre d'une vanne, la force accumulée pendant deux ou trois minutes, alors que le treuil serait au repos pour l'accrochage, le décrochage de la vanne, etc., et je crois que l'on activera ainsi notablement les manœuvres.

On pourrait ajouter qu'il existe maintenant presque partout de petits treuils à vapeur à la fois très-puissants et d'une marche rapide, et dont le volume n'est guère supérieur à celui de l'appareil de levage représenté sur la Pl. 6, et que la force motrice fournie par une machine à vapeur est certainement plus économique que celle produite par des hommes agissant sur un treuil. Mais je ne pense pas que ces complications soient nécessaires à moins de circonstances particulières, car j'ai déjà fait remarquer qu'on ne sera jamais très-pressé de manœuvrer un barrage à fermettes et vannes, puisqu'on n'en manœuvrera jamais qu'une faible partie à la fois.

D'une part on ne devra faire varier son débouché qu'à mesure des variations de débit du fleuve, et d'autre part le déversement de l'eau sur toute la longueur du barrage donnera une grande latitude pour la durée des manœuvres.

L'enlèvement d'une vanne de 1^m,30 à l'étage supérieur du barrage produit une augmentation de débit de 2^m°,60 par seconde au moins; l'enlèvement du premier rang de vannes augmentera donc le débit par seconde de 2^m°,60 en deux minutes ou en une heure de plus de 75 mètres cubes; il n'est pas probable que le débit de la rivière augmente aussi rapidement, et d'ailleurs, si cela avait lieu, le débit par déversement sur toute la longueur du barrage augmenterait aussi, et le bief ne s'élèverait que très-lentement.

En enlevant ensuite les vannes du deuxième rang, de

MÉMOIRES I

de hauteur, on augmente la chute de 1 mètre par seconde d'eau. La chute n'est pas noyée par les vagues de 7^m,50 par mètre de chute. Le mouvement du deuxième rang de vannes et la chute s'effacera pendant tout le temps nécessaire au premier rang de vannes; il est d'ailleurs fort probable que la dernière manœuvre ne sera pas immédiatement nécessaire. Du reste, si le débit de la rivière augmente aussi la chute du barrage diminuera rapidement, et la manœuvre de l'étage intermédiaire et de l'étage inférieur sera plus rapide qu'elle n'a pu l'être à Port-à-l'An sous plus de 2 mètres de chute. Enfin, s'il s'agit de débits aussi considérables, la longueur du barrage sera grande et l'on pourra employer deux appareils de levage et faire travailler en même temps deux équipes d'ouvriers.

Méthode de levage des vannes sur les fermettes. — Quelques expériences ont été faites pour déterminer, au moyen du dynamomètre, la valeur des efforts nécessaires pour lever les vannes. On a employé pour cela un dynamomètre à vis de Régnier, qui appartient à l'École des ponts et chaussées, en l'intercalant entre deux maillons de la chaîne qui sert à lever les vannes. Mais pour ne pas trop charger l'instrument, on a replié la chaîne qui descend de la poulie supérieure de la chèvre, fig. 1, Pl. 6, autour d'une poulie mobile à chape. La vanne à lever était fixée à la chaîne de cette poulie mobile, et l'extrémité de la chaîne venait s'enrouler au-dessous de la poulie fixe, après avoir passé autour de cette poulie, venait se fixer au montant de la chèvre; le dynamomètre placé entre les deux maillons de la chaîne, de ce point fixe y restait dans une position invariable, et était toujours facile de l'observer, et ses indications donnaient la moitié de l'effort exercé sur la vanne. Malgré

S DE L'EXPLOITATION

PERPIGNAN A PRADES

Par M. CH. NORMAND, ancien élève-externe de l'École des mines de Paris.

Exposé. — La première section du chemin de fer de Perpignan à Prades, d'une longueur de 23 kilomètres, entre Perpignan et Ille, a été livrée à l'exploitation le 15 décembre 1868. L'ouverture d'une nouvelle section de 4 kilomètres, entre Ille et Bouleternère, a eu lieu le 15 mars 1870, en sorte que depuis cette époque la longueur de la ligne exploitée est de 27 kilomètres.

Jusqu'au 13 février 1873, date où le chemin a été mis sous séquestre, l'exploitation a été faite par l'intermédiaire d'un fermier, avec qui la compagnie concessionnaire avait traité. J'étais le mandataire de ce fermier, et directeur de l'exploitation. La direction de l'exploitation m'a été conservée par l'administration du séquestre. Je remplis encore cette fonction.

Mon objet unique dans cette note est de faire connaître les résultats économiques de l'exploitation, considérée au point de vue du trafic, et abstraction faite des frais de premier établissement. Je m'abstiendrai donc de toute appréciation relative à la valeur industrielle de l'entreprise.

Description sommaire de la ligne. — Le chemin de fer de Perpignan à Prades est établi dans la vallée de la Têt. Il

TS ET CHAUSSÉES.

IQUE.

1876.

17

LE DE PHILADELPHIE.

Un accueil spécial est réservé aux ingénieurs des mines et aux métallurgistes étrangers qui se rendront à Philadelphie en 1876. Un comité s'est constitué à cet effet par les soins de la Société américaine (*American Institute*) des ingénieurs des mines; il est composé de Eckley, B. Coxe Esq., J. S. Alexander Esq., D^r Thomas Egleston et D^r R. U. Raymond. M. Egleston, qui est (comme B. Coxe) un ancien élève externe de l'École des mines de Paris, a écrit le 22 janvier à M. de Boureuille, secrétaire général du ministère des Travaux publics, pour faire connaître quelques-unes des dispositions déjà prises par le comité.

Du 1^{er} avril au 1^{er} décembre, les personnes qui auront été présentées à la Société ou à l'un de ses membres seront admises, munies d'une carte, dans un local qui vient d'être retenu, rue Girard, n^o 1123, à Philadelphie. Le comité y sera représenté par un secrétaire et des employés. On trouvera là des salons pour la conversation et la correspondance, toutes les publications techniques, un registre contenant les adresses des membres de la Société, ainsi que celles des ingénieurs ou métallurgistes qui visiteront l'Exposition.

Les hôtes de la Société pourront assister à ses réunions et y prendre part. L'assemblée générale, qui se tient ordinairement au mois de mai, est remise pour cette année au mois de juin.

Le comité communiquera une liste de renseignements sur les

un châssis : 16 ressorts cylindriques en caoutchouc sont interposés entre la caisse du wagon et le châssis, et portés par des supports boulonnés sur les côtés de ce dernier. Les ressorts de suspension sont reliés au châssis par des chaînons, de manière à donner du jeu à celui-ci et, de plus, les boîtes à graisse ont un jeu de 0^m,05 entre les plaques de garde. Il résulte de ces dispositions une grande stabilité du wagon, même lorsque la vitesse est très-grande, ce qui est un avantage, particulièrement lorsqu'il s'agit de wagons-lits.

Le wagon peut contenir 12 voyageurs ; il renferme, aux extrémités, 2 compartiments contenant chacun 4 sièges ou lits, et à la partie centrale 2 compartiments destinés chacun à 2 voyageurs seulement. Entre ces deux derniers compartiments se trouve un passage transversal de 0^m,71 de large qui communique, à ses deux extrémités, avec une galerie de même largeur régnant dans toute la longueur du wagon, mais moitié d'un côté et moitié de l'autre. Aux extrémités sont respectivement un water-closet et un cabinet de toilette pour hommes, au milieu un cabinet de toilette pour les dames, et la chambre du domestique (steward) qui est affecté au service du wagon. Dans les plus grands compartiments se trouvent une banquette placée transversalement dans la largeur du wagon et deux autres sièges plus petits placés longitudinalement en face l'un de l'autre. La banquette peut se transformer en lit pour la nuit, et les deux sièges constituent un second lit. Deux autres lits qui, pendant le jour, sont renfermés dans l'épaisseur des cloisons, viennent pendant la nuit se placer au-dessus des premiers, et sont suspendus par des cordes en fil d'acier.

La ventilation est assurée par des prises d'air réservées, tant sur le toit que sur la galerie extérieure ; il y a deux châssis à chaque fenêtre. Le châssis intérieur est vitré ; l'extérieur, vitré pendant l'hiver, est remplacé en été par une persienne. Le wagon est chauffé par une circulation d'eau chaude : les tuyaux de conduite sont situés sous le plancher ; ils sont recouverts d'une plaque métallique à jour, qui permet à l'air, qui s'est échauffé au contact des tuyaux, de s'élever dans le wagon. Le foyer est placé sous le châssis et consiste en une petite grille entourée d'un serpentín, le tout étant enfermé dans une enceinte métallique ; la circulation de l'eau est continue, et l'on peut facilement régler et maintenir une température convenable. Enfin, au sommet du wagon se trouvent deux réservoirs d'eau dont l'un est maintenu à une température suffisante pour être employée dans le cabinet de toilette.

LA VOITURE A VAPEUR DE M. BOLLÉE, DU MANS.

Note présentée à l'Académie des Sciences par M. TRESCA (2 novembre 1875).

Cette voiture, destinée à circuler sur les routes et qui est venue à Paris il y a quelque temps, pèse 4.000 kilogrammes ; elle peut porter 12 voyageurs et son poids s'élève alors à 4.800 kilogrammes ; ce poids est porté, savoir : 3.500 kilogrammes sur les deux roues motrices de 1^m,18 de diamètre et de 0^m,12 de largeur de jante, et 1.300 kilogrammes sur les deux roues d'avant-train de 0^m,95 de diamètre. Chaque roue est comprise entre deux paires de ressorts, aussi rapprochés que possible du moyeu de manière à diminuer la portée de la charge sur l'essieu, réduit ainsi à de plus petites dimensions. Les deux roues motrices sont folles sur l'essieu d'arrière ; chacune d'elles est mue séparément par un groupe de deux cylindres à vapeur dont les tiges de piston commandent un arbre relié à la roue motrice par un engrenage et une chaîne sans fin. Les deux roues d'avant, entièrement indépendantes, sont portées chacune par une cheville ouvrière distincte. L'appareil de manœuvre, qu'il serait difficile de faire bien comprendre par une description sommaire, est tel que les deux roues prennent chacune séparément, lorsqu'il s'agit de tourner très-court, une direction perpendiculaire à la ligne qui joindrait son point de contact avec le sol au centre autour duquel le conducteur voudrait opérer la rotation de tout le système. Cette indépendance des quatre roues et surtout cette propriété de l'avant-train assurent à ce véhicule une grande facilité d'évolution.

La chaudière est à l'arrière, confiée à un chauffeur qui assure l'alimentation à l'aide d'un giffard ou d'une pompe, soit en puisant de l'eau dans le tender, soit dans les ruisseaux pendant les arrêts nécessités tous les 10 kilomètres pour le remplissage du tender. Les cylindres sont placés entre les roues motrices. A l'avant du véhicule s'assied le conducteur à la disposition duquel sont tous les organes de commande : réglage de l'admission, coulisse de Stephenson, gouvernail des roues d'avant, manomètre. Le conducteur peut aussi, suivant les conditions de la route, faire succéder la transmission lente à la transmission rapide ou inversement.

Il paraît résulter des expériences faites que cette machine parcourt 20 kilomètres par heure en plaine, 12 à 15 sur les voies fréquentées ; elle maintient une vitesse de 9 kilomètres sur des rampes de 0^m,05 par mètre et elle peut y remorquer une voiture d'un poids égal au sien. Elle n'évolue pas aussi facilement qu'un

nt qu'un omnibus. Les chevaux, à Paris, de l'inquiétude au passage de cette

sur laquelle il ne semble pas nécessaire
ients très-circonstanciés, est une chau-
Field.

NE DIGUE DE RÉSERVOIR.

ue d'un réservoir situé à Williamsburg
ère Mill se rompit entre 7 et 8 heures du
avec une vitesse considérable (le débit
" par seconde), produisit des désastres
mes perdaient la vie et les dégâts maté-
00 000 francs. Nous trouvons dans les
rican Society of Civil Engineers » les ren-
cette digue et sur les causes probables de

our but d'assurer, pendant la saison
i suffisante aux industries assez nom-
à Williamsburg sur le cours de la rivière
15 hectares environ avec une profondeur
ue qui avait été construite en 1865 avait
viron, sa hauteur maxima était de 13^m, 10;
l'eau était environ à 1^m, 20 au-dessous du
que temps auparavant le niveau avait été
éversoir de superficie existait à l'une des
in tuyau de décharge de 0^m, 40 de diamètre
as donnait écoulement aux eaux pour

ne levée de terre au centre de laquelle
sa longueur. Le mur, fondé à 0^m, 90 au-
12^m, 80 au-dessous du niveau primitif de

l'eau; il avait 0^m, 60 de largeur au sommet et 1^m, 75 à la base; le
t portait que jusqu'à 3 mètres du sommet on emploierait un
ier composé de sable et de la meilleure chaux hydraulique,
que, au-dessus, le mortier ne contiendrait qu'un mélange de
rtles de chaux hydraulique et de 25 de chaux ordinaire. Il ne
de pas du reste, d'après les renseignements recueillis, que les
ux aient été exécutés avec beaucoup de soin; il en est de

même du remblai en terre sur lequel on semblait avoir compté pour empêcher l'eau d'atteindre la base du mur ; les talus étaient bien roides et il eût été utile d'adoucir les pentes ; enfin l'épaisseur de la terre au-dessus du mur était insuffisante pour garantir la maçonnerie de l'action de la gelée : dans ce climat il eût fallu au moins 1^m,50 de terre.

On ne put déterminer exactement la cause qui amena la rupture de la digue ; mais il paraît résulter des informations prises que l'eau s'infiltra sous le mur, passant entre le sol et la première assise ; le remblai d'aval fut désagrégré sur une certaine étendue par le courant qui se produisit, et le mur n'étant plus soutenu céda à la pression en donnant naissance à une brèche qui s'élargit rapidement sous l'action du courant qui se manifesta. Ce fâcheux résultat est dû à une action lente et prolongée plutôt qu'à la grandeur de la pression, puisque peu de temps auparavant le niveau avait été plus élevé que lors de la rupture de la digue. Un peu avant ce désastre, l'homme chargé de la garde de l'ouvrage s'était aperçu de l'existence d'une crevasse dans le remblai d'aval ; il s'empressa de donner écoulement à l'eau du réservoir ; mais, pendant ce temps, la crevasse s'élargit et une demi-heure après la brèche était complète.

Ainsi, la digue, mal construite par un entrepreneur sans connaissances suffisantes et dont les travaux n'étaient pas contrôlés, coûta 160.000 francs environ c'est-à-dire environ le double de ce qui était nécessaire sans compter les dégâts causés par l'accident qui amena sa destruction.

NOUVEAU SYSTÈME DE PONT MOBILE.

Les « *Transactions of the American Society of civil Engineers* » contiennent une note sur un pont-levis établi sur un canal de l'Érlié à Utique, dans l'État de New-York. Les communications d'une rive à l'autre avaient lieu jusqu'en 1871 par des passerelles auxquelles on accédait par des escaliers : on résolut à cette époque d'établir un passage au niveau des quais ; mais la faible largeur du canal, 18 mètres environ, ne permettait pas l'établissement d'une pile centrale pour supporter un pont tournant, et d'autre part on ne pouvait disposer d'un espace suffisant sur les quais pour trouver la place des chambres qui eussent été nécessaires pour les systèmes ordinairement employés. Dans ces conditions M. Whipple imagina le système suivant qui, construit pendant l'hiver 1873-1874, fonctionne depuis cette époque.

Le pont comprend une partie fixe et une partie mobile : la partie fixe consiste en deux poutres analogues à celles employées dans les ponts métalliques américains (truss-bridges) ; chacune d'elles traverse le canal et les chemins de halage adjacents et est supportée à ses extrémités par des piles suffisamment élevées pour que le passage par-dessous soit possible tant sur ces chemins de halage que sur le canal. Ces deux poutres sont d'ailleurs réunies l'une à l'autre par des contrevents. La partie mobile est constituée par une plate-forme s'étendant d'un bord à l'autre du canal et supportée par des tiges qui sont reliées à des câbles d'acier ; les derniers passent sur des poulies fixées sur les poutres fixes et supportent d'autre part des contre-poids qui font presque équilibre au poids du tablier. On conçoit qu'en faisant descendre ou monter ces contre-poids, on fait monter ou descendre le tablier mobile que l'on peut amener ainsi soit au niveau des poutres fixes, ce qui rend libre le débouché du canal, soit au niveau des quais, ce qui permet le passage des piétons et des voitures.

A la partie supérieure de chaque poutre fixe et au droit de chacune des bielles verticales qu'elle comprend se trouve un tambour sur laquelle s'enroule l'une des chaînes qui supportent le tablier mobile ; les divers tambours d'un même côté sont montés sur un même arbre et, par l'intermédiaire d'un arbre transversal relié à chacun des précédents par des roues d'angle, les tambours des deux côtés sont rendus solidaires dans leurs mouvements, ce qui assure une régularité absolue dans la montée et la descente.

La plate-forme mobile de 18^m,30 de longueur et de 5^m,50 de largeur pèse environ 10 tonnes ; en comprenant les contre-poids, il faut donc mouvoir environ 20 tonnes à élever à 3^m,50 environ. Un homme n'eût pu produire le travail mécanique correspondant qu'en 2 ou 3 minutes ; le double mouvement de montée et de descente eût donc exigé environ 4 à 5 minutes, ce qui eût été inadmissible, car il passe un bateau sur le canal en 10 ou 15 minutes en moyenne. On se décida à recourir aux arbres de rotation, par l'intermédiaire des roues à rochet, deux poids assez considérables qui sont soulevés à bras d'homme dans l'intervalle de deux opérations au moyen d'un tambour spécial et dont l'action s'ajoute à celle des contre-poids pour accélérer l'ascension ou la descente du tablier mobile, le mouvement étant régularisé, d'ailleurs, à l'aide de freins ; la durée des déplacements fut alors réduite à 10 secondes, celle de l'élévation des contre-poids moteurs n'atteint pas une minute ; le mouvement est doux et il ne se produit pas de chocs par l'emploi convenable des freins.

APPAREIL ÉLEVATOIRE POUR LES BATEAUX.

Le journal l'*Engineering* donne les renseignements suivants sur un appareil destiné à faire passer un bateau dans un canal d'un niveau à un autre et qui a été récemment inauguré.

Le canal de Trent et Mersey, à Anderton se trouve à une petite distance de la rivière Weaver, mais à une hauteur de 15 mètres au-dessus environ. Il existe un mouvement considérable de marchandises des districts produisant le fer et les poteries à Liverpool et ces marchandises, transportées par eau, devaient subir à Anderton un transbordement que l'appareil que nous allons décrire permettra d'éviter à l'avenir en abaissant jusqu'au niveau de la Weaver les bateaux qui circulent sur le canal et en élevant jusqu'au canal les bateaux arrivant par la rivière. Pour arriver à ce résultat, on établit en communication avec le canal deux grands caissons en fonte, placés à côté l'un de l'autre, ayant même section que le canal et dont la longueur est égale à celle des plus grands bateaux qui circulent sur ces voies navigables; ces pontons, qui peuvent être fermés à leurs extrémités, reçoivent de puissantes machines hydrauliques placées à côté un mouvement d'ascension et de descente, de telle sorte que l'un descend lorsque l'autre monte. Ces caissons qui fonctionnent ainsi comme des écluses mobiles, lorsqu'ils ont atteint leur position inférieure, peuvent être mis en communication avec la rivière. On conçoit dès lors facilement que l'on arrive à faire passer les bateaux de celle-ci dans le canal ou inversement. La difficulté d'obtenir des joints étanches tant pour la fermeture des caissons et du canal que pour le raccordement de celui-ci avec chaque caisson alternativement paraît avoir été résolue d'une manière satisfaisante.

Le temps employé à la manœuvre de ces caissons est seulement de trois minutes. Cet appareil a été construit sur les projets et sous la direction de M. E. Leader Williams.

GRUE FLOTTANTE.

Les *Annales* ont donné (*) la description d'une grue flottante construite pour les travaux des quais de New-York; il résulte des

(*) *Ann.* 1874, 1^{er} sem., p. 204.

des ingénieurs civils des États-
les « Transactions » de cette So-
tte grue a permis de poser, dans

	tonnes.
pesant.	1.400
.	810
.	1.350
	<hr/>
al de.	3.560

die a transporté jusqu'à 14 blocs
transport, de la charge et de la
s par mètre cube tout compris,
e et l'amortissement. (En y com-
e prix a été d'environ 2.950 francs

C. M. G.

N° 19

ÉTUDE

SUR

LA BAIE DE SAINT-JEAN-DE-LUZ

Par M. BOUQUET DE LA GRYE, ingénieur hydrographe de la marine.

CHAPITRE PREMIER.

ACTIONS EXTÉRIEURES.

Vents. — Lames. — Courants généraux. — Marées.

La baie de Saint-Jean-de-Luz a été, jusque dans ces dernières années, l'objet de bien des mémoires, a suscité beaucoup de projets.

Ranimer le mouvement commercial qui avait fait de cette ville un port de premier ordre, des Basques les plus aventureux de nos navigateurs du xvi^e siècle, fut la préoccupation aussi bien des ministres de Louis XIV que de ceux de Louis XVI. Malheureusement la science des constructions à la mer étant au xviii^e siècle encore dans l'enfance, les difficultés devenaient pour nos pères presque insurmontables lorsqu'il fallait lutter contre les forces si redoutables dont dispose l'Océan. Aussi l'étude des essais d'amélioration de la baie ou des travaux de défense de la ville de Saint-Jean-de-Luz, montre-t-elle une série d'échecs, la mer ayant démoli successivement tout ce qui avait été élevé sur les rochers des pointes ou fondé sur le sable de la plage.

Il appartenait aux ingénieurs actuels de recommencer une dernière fois la lutte, mais en s'appuyant à chaque pas

MÉMOIRES ET

rience acquise et su
ment des eaux et des
est aujourd'hui en
s du large, mené au
poursuit sans arrêt;
. Aussi faut-il en pr
s, et les levés qui on
us ont semblé devoi
ef de cet avenir qui
n du sud-ouest de la
t, d'ailleurs, reprend
cette question d'é
1866, mais en la fa
tous les matériaux
Cette étude du passé
presque contradictoi
s, et elle donnera la
ccompagner tout pr
l'analyser les levés d
ile de dire d'abord c
ur la côte, au fond d
n de *Saint-Jean-de-l*
ouve presque au so
nd du golfe, est, pe
un entonnoir où tou
viennent aboutir, so

èvement des Pyréné
i-dessus des caux, i
edressant les couche
un autre point de la
rocher autant de la b
tre côté, le relief i
météorologiques d
influence multiple

relief terrestre, a acquis des pro-

3 dit (*) que toutes les pulsations de
itaines peuvent partir de l'extrémité
nord de l'Atlantique, venaient se faire sentir à Saint-Jean-
z sous forme de lames de fond. Ces lames ayant une
ur de 60 centimètres et quelquefois 1 ou 2 kilomètres
gueur, peuvent franchir des espaces énormes sans
ue perdre de leur hauteur et de leur vitesse, tant le
nent est faible dans les grands fonds. Elles représen-
a force du vent d'une région lointaine condensée et
pageant sous une forme qui la rend peu sensible à
n d'un vent modéré même contraire. Les conditions
nt-Jean-de-Luz sont telles, que ces lames y trouvent
lement l'atmosphère assez calme pour leur permettre
rendre une partie de leurs premières propriétés dans
quelques milles qui séparent la baie des grands fonds.

Saint-Jean-de-Luz est l'oreille de la côte ouest, avons-
ous dit souvent en écoutant le bruit des lames qui se
isaient sur la plage. Cette disposition, qui justifie l'éta-
issement d'un marégraphe, augmente dans une propor-
on notable l'action produite par les coups de vent locaux.
réunissent en effet à la puissance des lames de vent celle
s lames de fond, ajoutant aux premières la force du vent
ise en jeu à de grandes distances.

Les lames qui agissent dans la baie de Saint-Jean-de-Luz
ont une direction comprise entre l'O.-S.-O. et le N.-N.-O.
Lorsqu'au cap Finistère la houle vient du S.-O., les vents
soufflent du sud dans le fond du golfe, ne laissant se pro-
pager le long de la côte qu'une longue ondulation de très-
faible hauteur; parfois on a même dans ce cas un calme
complet à la mer : la barre de Bayonne est plate.

Lorsque les vents tournent à l'O.-S.-O. la mer grossit rapi-

(*) Pilote de la côte ouest de France.

dement, mais c'est de l'ouest et de l'O. les amplitudes maxima.

En tempête de l'ouest, les lames atteignent des hauteurs de 7 mètres et cette hauteur, pondue par une longueur d'ondulation comprise entre 180 mètres, diminue peu par le frottement à son pied des fonds compris entre 40 et 50 mètres.

La vitesse de propagation est seule influencée par la diminution du brassage des sommets des lames en leur direction accusée.

Le haut fond de Belhara-Perdun (14' au large) servant sur son sommet plus du double la lame, détermine, en raison de la rapidité du côté du large, un premier brisement d'orientation des roches qui composent la côte, les brisants, par suite de la déviation, se redressent au S.-E. et courent sans laisser, malgré la profondeur, au large, un câble pour les navires (*).

Plus au nord, cette même lame de 7 mètres a commencé à éprouver un premier changement traversant par 60 mètres les premiers fonds de Saint-Jean-de-Luz (changement que les habitants naissent et redoutent), brise aussi à 22 mètres; ce brisant toutefois est moins fort que celui qui se fait sur Belhara, et comme les fonds sont plus faibles en arrière, la lame qui a entou-

(*) Belhara-Perdun brise déjà avec une hauteur de 7 mètres; les brisants ne sont pas en effet déterminés par le rapport de la lame au brassage, mais par une plage unie, ainsi que l'ont démontré les sondages et l'ont aussi souvent constaté les marins à la suite de la déclivité même du fond, de l'amplitude de la lame. C'est ainsi qu'on peut avoir des brisants à 40 et 60 mètres.

aucoup de sa hauteur. Si le pas-
st souvent rendu infranchissable
mise par la partie supérieure des
lames directes (vitesse telle qu'elle pourrait faire raser ou
chavirer un navire), celui entre Iharguita et Belbara n'offre
pas de dangers.

En s'approchant de la baie, la lame éprouve encore une
autre modification. A la rencontre de la partie est du plateau
de Mabessin, elle brise à blanc sur une longueur de
150 mètres; par des fonds compris entre 11 et 15 mètres à
marée basse; mais l'ondulation est loin d'être encore anéan-
tie, car elle se présente immédiatement après devant la baie
avec une hauteur de 6 mètres.

Sa vitesse est à ce moment de 15 mètres par seconde,
son amplitude est de 150 mètres et sa largeur atteint celle
de la baie.

Indépendamment des grandes lames à crêtes aiguës
dont nous venons de parler, on remarque souvent aussi
cette longue houle de fond dont nous avons parlé, qui
vient s'interférer avec la première et dont la période est de
plusieurs minutes. C'est un véritable raz de marée (autre-
ment il arrachait les navires du port de Socoa en brisant
les amarres). Ces espèces d'ondulations, qui ne sont pas
préciables à la mer, car leur hauteur est minime, ont
un grand effet sur la côte, leur vitesse étant
considérable et la masse d'eau mise en mouvement égalant
celle des plus grandes lames de vent.

Arrivons maintenant aux effets produits par ces lames
simples ou composées.

Au Socoa, elles brisent à blanc sur les Criquas par les
lames de 8 mètres et les lames dérivées, arrivant
aux lignes de profondeur, déferlent successi-
vement sur des fonds de plus en plus petits, de façon à cou-
vrir d'écume tout le plateau.

Avant la construction de la grande digue du Socoa, le

MÉMOIRES ET DC

La mer s'étendait sur les r
ne partie de la force viv
rs en vitesse et l'on avait
port du Socoa et suiva
ant son embouchure sou
is la construction de la
de l'intérieur sont à d
assiage, l'agitation direct
paquets de mer qui franc
l'eau lancées quelquefois
de propulsion relativem
pas autant de mouvemen
derrière la digue.

urant portant au Sud dar
ment et l'on voit souvent,
leur moyenne revenir en
r le profil de cette digue
s régulières et en diag
nt du large. A basse mer,
les Criquas étant faible,
et devient blanche com
vertie en frottement et en
et contre Artha était aut
sait Belhara, la lame fai
brisant se continuait jus
ntièrement le passage de
arquables par la vitesse
ointe de Sainte-Barbe, n
iquas, transformation de
d'un courant assez vif.

et assez difficile d'exprim
ée ainsi par chaque lam
dont nous venons de par

ts, de la chaleur et une certaine usure des mar-
mais si l'on considère que la masse mise en mouve-

600.000 mètres cubes, que la vitesse des lames au moment où elle se $\frac{7}{16}$ de la vitesse propre à l'onde (*), logarithmètres que doit s'exprimer

ts, nous pouvons citer les accidents corvette anglaise mouillée derrière up de mer; toutes les digues con- derniers temps au Socoa ont été s; des piliers en béton de 2 mètres pés par le milieu; enfin, dans la onstruction, une section du poids

de plusieurs milliers de tonnes a reçu un choc assez violent pour l'ébranler en détachant une partie de son parement extérieur.

Ce dernier accident est, du reste, peu sérieux en lui-même; il peut même calmer des inquiétudes, car il est arrivé à la suite d'un coup de vent tellement violent qu'il faut remonter au commencement du siècle pour en trouver l'équivalent; il rend toutefois compte de la difficulté des travaux et aussi de l'intérêt qu'il y a à donner aux navires un abri contre une mer pareille (**).

Cet abri n'a en réalité existé que lorsque les conditions d'étiage de la Nivelle, d'équilibre de la baie étaient tout à fait différentes de ce qu'elles sont depuis deux cents ans. Le Socoa, à entendre les plaintes des marins, a toujours été un port d'échouage où, par gros temps, les navires étaient en péril : un raz de marée pouvait les mettre à sec en les démolissant contre le fond rocheux, un retour de lame les

(*) M. de Tesson.

(**) Dans l'assemblée du 12 novembre 1700, les pilotes déclaraient qu'un vaisseau (sic) de 36 canons pouvait hiverner dans la rade; mais il fallait prendre des précautions particulières, mettre des barriques sur les câbles, amener les mâts de hune et mouiller une ou deux ancres par l'arrière.

arrachait de leurs amarres en les entraînant au dehors; en somme les plaintes étaient constantes, pendant qu'on réclamait d'autre part, non contre les dangers du mouillage dans la rivière de la Nivelle, mais contre la difficulté ou même l'impossibilité de franchir les sables accumulés devant son embouchure.

Restait le mouillage en pleine baie, souvent usité dans l'attente de circonstances favorables pour entrer dans la rivière; mais nous verrons tout à l'heure que ce mouillage n'était que bien peu protégé par la pointe du Socoa. Le sillon dans lequel on se plaçait était entretenu par le seul ressac de la lame qui venait briser sur les Criquas, si bien qu'en supprimant cette lame et son courant dérivé, le mouillage a entièrement disparu, obstrué qu'il est par quelques centaines de mille mètres cubes de sable (*).

En parlant de cette puissance des lames s'attaquant aux rochers et aux ouvrages, remuant des blocs et des rochers, nous ne devons pas oublier que ses effets principaux consistent dans la trituration de ces matériaux et dans leur transport régulier dans un certain sens. La lame déplace le sable au large à partir des brassages de 80 mètres, elle marque son empreinte sur le sol par les stries qu'elle dessine, aussi profondément que la vue peut s'étendre lorsque la mer est la plus transparente (25 mètres), et c'est par masses que se fait en coup de vent ce mouvement; regardons donc quelles sont ici encore les autres forces en jeu pour essayer de distinguer les conditions d'équilibre qui peuvent coexister avec la formation d'un abri pour les navires, en n'oubliant pas que la mer a rongé jusqu'ici le fond de la baie (**).

(*) Il s'agit en effet, dans la création d'un abri en pareil lieu, non-seulement de produire dans la partie protégée du calme pour les navires, mais aussi d'y favoriser un état d'équilibre leur procurant une profondeur d'eau suffisante.

(**) Si les lames sont une cause de destruction, même pour les

Courant général. — Au large de Saint-Jean-de-Luz et dans tout le golfe de Gascogne, nous avons, à plusieurs reprises, indiqué dans *le Pilote* qu'il y avait un courant général portant de l'ouest à l'est et remontant ensuite au nord.

Ce courant, connu sous le nom de Rennel, a une vi-

roches, leur action directe ne s'exerce pas avec une grande intensité; le frottement de l'eau n'use que très-lentement. Il en est autrement lorsque la lame entraîne soit des cailloux, soit même des matières ténues (On s'est servi du sable, il y a quelques années, pour graver le verre.) Seulement cet effet d'érosion ne peut se produire que dans les couloirs ou sur les points où se fait le cheminement général des matériaux. M. Cialdi, dans son ouvrage sur le mouvement des lames, cite, page 192, comme une preuve du contraire, que sous l'effort unique des lames le sommet d'Artha a diminué de 1^m,50 dans l'espace de 43 ans. Cette affirmation, quoique appuyée sur le témoignage de MM. Duleau et Monnier, ne tient pas contre les résultats des levés de 1826 et de 1864.

En 1789, Brémontier trouve 7^m,80 sur la plus haute tête d'Artha; en 1826, M. Beaupré n'indique plus que 6^m,50; puis en 1832, les ponts et chaussées donnent 9^m,30, M. Lieusson, en 1857, 8^m,10, tandis que, en 1864, je trouvais à la fois des têtes de roches de 6,50, 7,60, 7,90, etc.

Chacun des explorateurs s'était arrêté après avoir trouvé un seul des saillants de cette roche, très-dentelé.

Les couches qui s'élèvent au-dessus du niveau des basses mers ont la même apparence, et l'on comprend qu'elles puissent rendre la recherche du point le plus élevé très-délicate, surtout lorsque la profondeur de l'eau et la couleur du fond rendent tout confus. Sur Artha, les crêtes ont à peine une largeur suffisante pour maintenir un plomb de sonde en équilibre.

En résumé, comme on ne peut admettre que le sommet indiqué par Brémontier soit devenu, 75 ans plus tard, plus faible de 1^m,30, c'est-à-dire que le rocher ait grandi, il faut dire que la tête trouvée par lui ne peut être assimilée qu'à celles de 7,60 ou de 7,90 du levé de 1864 et ne rien conclure quant à l'érosion propre des lames en ce point.

On comprend d'ailleurs qu'il en puisse être autrement dans d'autres parages, si les matériaux sont différents, et encore je croirai toujours que l'action la plus réelle provient de chocs, la lame agissant alors comme une presse hydraulique pour détacher des parcelles ou des blocs. Mais ce n'est point là de l'usure directe due à un frottement, comme il était indiqué pour la roche isolée d'Artha.

esse moyenne assez faible, mais
ents d'aval, comme le disent le
vec une vitesse atteignant 3 mœ
roprie s'ajoute non-seulement la c
ant de leur déformation sous l'i
ncore l'impulsion directe du ven
ourant littoral qui engendre dar
irigés dans le sens direct des aig

Pendant le jusant lorsque les v
ire lorsqu'ils ont des directions co
Nord-Est, il se produit un ren
rolongeant au moins une heure a
ant lieu à des tourbillons en sens
lais à cause de la prédominance
ourants inverses sont moins forts
uvent annulés par eux, et les eff
ent non-seulement au courant de F
nimé d'une certaine vitesse.

La baie de Saint-Jean-de-Luz, c
ie, n'a donc rien à craindre de l'
es Landes, celui de la côte d'Esp
er. Or, la valeur de cette source
ppréciée.

Les fonds sont assez grands vis
uz et se composent de roches dar
es poches sableuses. En allant au
able, mais la profondeur augmen
llant dans l'ouest, augmentation :
ible encore, puisque avant d'arri
our une même distance de la côu
rassiage; or, au Passage il n'y
ient faible ou même nul du sabl
irconstances ne soient pas défav
ent de ce sable dans la baie et j
ous la forme d'un seuil.

existe, doit donc être plus
autant des apports et des
cheminement se produisant
amenant à terre les sables

ie représentent qu'un cube
ips de vent de l'hiver étant
r de la baie de Fontarabie
t le chenal, ce n'est donc
peuvent dépasser la pointe
nsuite, sous l'influence du
e dans l'Est.

i nous paraît pouvoir prove-
elle la profondeur et aussi
dassoa cheminerait plus fa-
t limité, une cause spéciale
ment littoral aussi bien qu'à
de Saint-Jean, par un coup

que nous avons pu en juger
pages, se compose de lits de
; le sol est disposé en esca-
te une inclinaison de 50° à
igue quelques instants dans
parallèlement à la côte, mais
rrête de suite.

vé dans les grands fonds par
s l'action des courants, ce
re à la côte. Le sable s'élève
marches, mais il est ramené
as dans l'Est et non dans le
setule lui faire franchir ces
rare et la source encore n'est
e épuisé les quantités qui se
la baie ; cette même mer de

tempête exerce d'ailleurs à Saint-Jean-de-Luz une action spéciale sur laquelle nous reviendrons.

Comme l'état d'équilibre de la baie est toutefois lié, non aux petites actions journalières du transport des sables, mais bien à ce qui se produit en coup de vent (*), nous pouvons résumer ce qui a rapport à l'effet des courants extérieurs, en affirmant que l'on se trouve en présence d'une affluence de sable très-moderée venant du large et d'une source faible venant de la Bidassoa.

(*) Nous reviendrons souvent sur cette question générale d'équilibre qui ne correspond pas à la moyenne des actions, mais bien aux actions maxima, car elle trouve son application pour tous les phénomènes qui se produisent à la mer et dans les fleuves. Ainsi les dunes n'ont pas un relief correspondant à l'état moyen de l'atmosphère, mais bien aux seuls maxima ; la forme des chenaux, des fleuves ne correspond pas aux marées moyennes, mais bien aux marées de vive eau. Enfin le tracé des rivages est déterminé, non par l'amplitude moyenne des vagues, mais par les vagues de coup de vent ordinaire. Ceci pourrait trouver une explication très-simple dans le fait que les matériaux dont il s'agit ne commencent à obéir aux agents de propulsion que sous l'influence d'une puissance déterminée. Une action mille fois répétée au-dessous de ce minimum ne produit absolument aucun effet, quoiqu'elle puisse influencer la moyenne arithmétique annuelle des actions, et au-dessus de ce minimum l'effet produit ne varie pas seulement en raison directe de l'accroissement de la vitesse, mais bien plus probablement en raison directe du carré de la vitesse. Ainsi, si l'on désigne par mV , $2mV$, $5mV$ les valeurs croissantes d'une même force appréciée chaque jour, au bout d'un an la moyenne arithmétique est $\frac{mV}{365} [n \sin \varphi + 2n' \sin \varphi' + \dots]$, et de l'autre, la moyenne efficace, celle qui détermine seule les modifications, est donnée, en supposant qu'au-dessous de $4V^2$ il n'y ait aucun mouvement, par la formule :

$$\frac{mV^2}{n'' + n'''} [16 n'' (\sin \varphi'') + 25 n''' (\sin \varphi''')].$$

Or, les nombres n'' et n''' sont très-petits relativement à n , n' , n'' , ce qui amène à dire que le résultat réel correspond aux états d'équilibre qui se produisent le plus rarement. La généralité de cette loi est d'ailleurs telle que l'on en voit l'application dans les phénomènes sociologiques.

se jette dans la baie même de tout autre au point de vue des me nous ne parlons encore que nous y reviendrons plus tard. Il reste à dire que quelques mots considérées au seul point de vue ment, celui du transport des ma-

action assez faible sur les sables m. Ce n'est pas que la mer ne côte, que le soleil n'y soit très-rapidement, mais les vents ré-e, ceux qui ont le plus de force, ent pas de la mer, ils ne soufflent e. Or, non-seulement des vents de franchir une série de collines, rface d'un sol bas, mais leur di-ement sur une petite chaîne de epoussoir. On a bien dans l'Est de , mais leur hauteur est médiocre; s le Sud, là où l'action pourrait , la vallée étant basse et ouverte, ninent pas parce que les vents de et de nord-ouest font entièrement défaut.

is avons signalé dans *le Pilote* ce résultat du relief yrénées qui fait que les bâtiments arrivent vent ar-avec une bonne brise de Nord-Ouest trouvent sou-e calme sur la côte d'Espagne, en même temps qu'une e houle, ce qui les met dans une situation difficile; nt-Jean-de-Luz cet effet protège la ville contre les in-ns du sable de la grande plage.

fig. 3, Pl. 8, des roses de vent, dressée pour Biarritz, a notre explication plus claire. On y voit, en hiver et itombe, les vents souffler principalement du Sud [ils eraient à Saint-Jean-de-Luz le sable dans la mer],

vents du Nord
 s ces saisons
 ps, comme l'
 ntrent quelque
 on d'aucun e
 l résulte de t
 les vents de
 qui donne à
 s y arrivant
 sphère. Ajout
 uis longtemp
 a par l'effet d
farées. — Il
 marée, avant
 a baie.

es marées n
 e, elles peuv
 assez simple.
 l résulte en e
 l y a la relati
 est et au Soc

Haute marée

n voit de sui
 ées de syzyg
 es hauteurs
 logue :

Basse mer au

n voit que la
 nière relation
 que les coef
 si au-dessous
 à Socoa dim

ombe à Brest au-dessous
Socoa des basses mers

e qui est en construction
n'ai pu le faire, d'étudier
it aussi une loi pour les
lement moins simple que
marées.

e morte eau, l'avance du
servations, est de 22 mi-

utes; dans les vives eaux, l'avance atteint 40 minutes;
l'annuaire donne pour les unes et les autres le chiffre con-
stant de 25 minutes par rapport aux hautes mers du Cor-
man.

Pour les basses mers, l'avance en quadrature serait de
minutes sur Brest et en vives eaux de 1 heure, tandis
que l'annuaire donne 25 minutes de différence avec Brest.

En résumé, nous avons donc dans la baie une amplitude

marée égale aux $\frac{3}{4}$ de celle de Brest, chiffre assez no-

et qui provoque un déplacement d'eau considérable,
cause de l'étendue de la baie que de celle des rivières
Nivelle et de l'Untzin; nous reviendrons dans le cha-
suivant sur les courants auxquels ce déplacement
donne naissance.

CHAPITRE

ACTIONS INTÉR

Description de la baie 1873. — Courants intérieurs observés. — Per Volume.

La baie de Saint-Jean-de-Luz malgré la destruction continue le fond, plus large que profond plus grande dimension est parallèlement des Pyrénées.

Sa limite, du côté de la mer, tables schisteuses inclinées de 60° à l'O.-S.-O.; elles opposent à rieuse; dans le fond de la baie, de Bordagain et de Ciboure, for thiques, facilement décomposab pluie, et sont entraînées par la rapidité. Cette situation géologique de couches homogènes protégées affouillables, a donné à tous les Sébastien, au passage et à Saint physionomie.

On voit de suite que tous ont lacs littoraux, servant de récepta de bassins géographiques étend dépôt d'alluvions étalées horizontale partie inférieure des vallées et a des points où n'arrive plus le ni jour, soit par l'action répétée des sion des eaux intérieures, soit p par suite d'une fracture géolog

fractures sont situées dans le prolongement de vallées, le lac a été mis en communication avec la mer, les eaux se sont déversées par des passes plus ou moins larges.

A Saint-Jean-de-Luz la fracture a été double, elle a laissé un rocher isolé, Artha, entre la pointe de Sainte-Barbe à l'est et le Socoa à l'ouest; mais la passe la plus profonde, celle qui est à l'ouest d'Artha, se trouve dans le prolongement des deux vallées principales, de celles de la Nivelle et de l'Oncin.

Artha et les deux pointes éprouvent au dehors le premier choc des lames, et garantissent quelque peu le fond de la baie; les roches qui les forment sont, comme nous avons dit, schisteuses.

Le maximum de l'action des lames ayant lieu à peu près au niveau des basses mers, c'est à cette cote que se trouvent ramenées les roches en dehors des pointes hautes du Socoa et de Sainte-Barbe (Artha, nous l'avons dit, conserve 6^m,50 d'eau sur son sommet), la mer promène sur cette étendue des fragments arrachés à la côte, elle en sert pour user le sol dont la contexture fendillée, les couches s'enfonçant sous un angle de 60°, arrêtent le côté, dans leurs intervalles, tous les petits maté-

fissures, ces escaliers augmentent d'ailleurs de grandeur ils sont d'autant plus prononcés que la profondeur augmente. Si Mabessin, de même qu'Artha, ne paraît pas avoir subi d'altération de temps immémorial, sous l'influence des coups de mer, il n'en est pas ainsi du relief du littoral, même de celui en dehors de l'action directe des lames; l'érosion est, là, sensible. Ces tables, de 30 mètres de hauteur, qui limitent la côte et qui paraissent arrêter la mer d'une façon immuable, sont cependant chaque jour pénétrées par l'eau de mer qui s'élève sous forme d'embruns. Le sel s'y cristallise, ce qui produit un effritement de la roche, comparable à une usure directe, et la côte

MÉMOIRES ET DO

distance devant la m
bien encore ces mêm
espoir des capitain
ur leurs arêtes comm
it peu épais, et ils la
; couches d'argile j
es décomposées ou n
ant la *fig. 5*, Pl. 7, q
nps que les position
voit au milieu de la

une large croix, où la sonde n'accuse que
galets; c'est dans la branche de gauche
autrefois les navires, se tenant plus ou
elon que la mer comblait ou déblayait
montrerons bientôt, concordait avec le
t des travaux du Socoa.

à cette partie de gauche, on ne peut as
sur de la conche de sable soit partout très
ur, en quelques points, des tempêtes on
ches. Il n'en est pas de même dans la
se trouve sur le prolongement de la vall
à, la faille paraît large, et la lance n'a a
), sauf en quelques points isolés où l'on u

nivant maintenant, dans le fond de la
effets produit par les lames, effets décrits
nier chapitre, en ce qui concerne les po
de Sainte-Barbe, on reconnaît : 1° que l
nes dans l'intérieur de la baie obéit bien,
reures de marée, à la loi de M. Scott Ru
 $\frac{1}{2}h$) en prenant pour H la hauteur moy
re Artha et la plage augmentée de celle
servation peut en être facilement faite pa
en suivant, du haut de la pointe de Sa
veloppement des lames qui brisent sur A

et en comptant le nombre de secondes qui s'écoule entre ce moment et celui de leur arrivée à la plage.

2° Quelle que soit la direction de la lame au large, du moins entre l'Ouest et le Nord-Ouest, le premier brisant à la plage a lieu vis-à-vis de la rue qui longe l'église, c'est-à-dire vis-à-vis du café de la plage. Puis, suivant la direction initiale et les ondes de vent interférées, le brisant se continue à droite ou à gauche (le retard de ces fractions d'onde est du reste faible); au moment de la pleine mer, ce retard est un *minimum*, et l'on entend un bruit sourd et énorme sur une étendue considérable.

Ce fait, rapproché de la courbure rigoureuse en arc de cercle de la ligne de basse mer et de celles de 3, 5 et 7 mètres au-dessus de zéro, semble indiquer qu'il y a dans la baie un centre d'interférence ou de convergence pour les lames directes ou non qui s'épanouissent ensuite sur la plage.

Nous avons déterminé ce point sur la carte n° 3 pour pouvoir étudier ultérieurement l'action multiple des courants, en faisant des coupes du sol aboutissant toutes à ce même centre; nous avons eu ainsi l'avantage de toujours voir les matériaux qui composent le sol, influencés de la même manière par le choc de la lame.

Rivières.

Deux rivières et un petit ruisseau se jettent dans la baie : la Nivelle ou Durdasury, qui forme le port de Saint-Jean-de-Luz, en séparant cette petite ville de Ciboure, son ancienne rivale, et l'Oncin dont l'importance est beaucoup moindre et qui se jette dans l'Ouest de la baie; enfin un petit ruisseau sert de déversoir aux eaux qui proviennent de deux petits vallons de l'Est.

La Nivelle a un cours d'une certaine importance; elle prend naissance en Espagne, où se trouve une bonne partie

de son bassin, coule d'abord directement au Nord, puis s'infléchit au Nord-Ouest à son entrée en France. Son cours est de 30 kilomètres, son bassin géographique de 24.400 hectares, ce qui lui fait recevoir annuellement une quantité de pluie d'au moins 460 millions de mètres cubes. Si l'on admet une perte par l'évaporation des deux tiers de la quantité tombée, cela donne encore un débit moyen par seconde de 4^m,80. Mais comme dans toutes les rivières dont la longueur est peu considérable et qui prennent leur source dans les montagnes, le débit est loin d'être régulier, en été le volume de son eau n'atteint peut-être pas le tiers de ce dernier chiffre, pendant que les pluies hivernales en font une rivière importante; le volume d'eau douce débitée toutes les 24 heures suffirait, dans ce dernier cas, pour remplir, à chaque marée, la baie de Saint-Jean malgré sa capacité de 9 millions de mètres cubes. Il faut pourtant joindre à ce volume un cube important d'eau salée qui sort aussi en jasant de la rivière, et les troubles ainsi que le sable sont en proportion de tout ce volume. Les eaux de la Nivelle se distinguent en hiver, au large, jusque par le travers de Bidart; nous verrons qu'il faut tenir grand compte des alluvions qu'elle entraîne lorsque nous analyserons l'avenir de la baie.

L'Oncin, le deuxième cours d'eau qui se jette dans la baie de Saint-Jean, recueille les eaux pluviales d'un petit bassin de 32 kilomètres carrés; ce bassin est limité dans l'Est et dans le Sud par celui de la Nivelle; une petite chaîne de collines le sépare dans l'Ouest de la Bidassoa. Le débit moyen de l'Oncin est d'environ 0^m,60 par seconde, mais en été le lit est absolument à sec au moment de la marée basse; l'Oncin ne reçoit que quelques centaines de mille mètres cubes d'eau de mer dans les syzygies.

Courants. — Les courants qui circulent dans la baie de Saint-Jean-de-Luz sont soumis à diverses influences agissant soit sur leur direction, soit sur leur vitesse. L'étendue

de la baie, qui croît avec la hauteur de la cote au-dessus du niveau des basses mers, donne en premier lieu des termes qui, multipliés par chaque accroissement de hauteur de la marée, hauteur variable, donnent un des grands éléments de cette vitesse.

Le volume d'eau que la baie peut ainsi appeler du dehors deux fois par jour, atteint en syzygie 8 millions de mètres cubes, volume presque égal à celui de la baie à marée basse (9 millions).

Les rivières de la Nivelle et de l'Oncin aspirent de leur côté dans les syzygies un volume de 3 millions de mètres cubes, et lorsqu'il y a du doucin, le jusant restitue des volumes d'eau saumâtre beaucoup plus considérables.

Les courants extérieurs, dont nous avons indiqué la marche dans le chapitre précédent, agissent de leur côté par une action d'entraînement et de frottement. Enfin une troisième cause, provenant de la hauteur et de la direction des lames, se trouve apporter en coup de vent un élément de puissance aussi énergique que les deux précédents. On voit de suite combien doit être variable, dans la baie, la résultante de toutes ces actions, aussi nous exposerons d'abord ce qui arrive lorsque les circonstances sont normales ; nous passerons ensuite au cas où les entraînements sont *maxima*, puisque en définitive c'est cette dernière action qui règle l'état d'équilibre de la baie.

Lorsque la mer est plate au dehors, que la marée agit seule, et que l'étiage de la Nivelle est normal, les directions du flot sont disposées comme l'indique la *fig. 1*, Pl. 7.

Le courant extérieur vient du Sud-Ouest, passe devant la baie en y envoyant une de ses branches ; cette branche s'épanouit d'abord, puis se contracte pour entrer dans la Nivelle.

A l'est, l'Oncin reçoit directement les eaux qui filent le long du Socoa et aussi celles qui, ayant dépassé les bouées,

reviennent en décrivant un arc de cercle à la bouchure de cette rivière.

C'est, en somme, un double courant qui se fait dans le sens des aiguilles d'une montre dans la grande plage de Saint-Jean et celui de Borbillon se comporte donc comme s'il était déterminé par le courant de flot extérieur.

La vitesse en syzygies par temps fort dans la baie est de 0^m,2 à la surface, 0^m,15 mètres; à la plage, cette vitesse est de 0^m,1.

A l'entrée de la Nivelle, lorsque la marée est en flot le courant atteint en flot la vitesse de 2 mètres sur la jetée de Ciboure et sur le pied de Borbillon la vitesse n'est acquise qu'au bout d'une demi-heure de montée.

Le courant de flot se conserve avec la Nivelle jusqu'à la quatrième heure de la marée, puis progressivement en ayant encore, au moment de la marée, une vitesse de 1^m,5.

Dans les grandes marées, il entre dans la baie un volume d'eau à la Nivelle.

L'Oncin reçoit un volume d'eau qui est de quelques centaines de mille mètres cubes à former près du tiers du volume de la baie. L'extérieur avec ses vitesses normales a déjà une influence sur le mouvement qui s'opère dans la baie; lorsque les vitesses atteignent deux nœuds et que sa vitesse atteint deux nœuds nous avons indiqué s'accroître bien plus que ce qui a balayé la grande plage de Saint-Jean. L'appuyer fortement sur le pied de Borbillon dérivé sert à fournir les eaux de la Nivelle, et le mouvement le long de la plage de l'Oncin ne se fait qu'avec celui de la partie Est de la baie. On a dans ce cas des vitesses de 0^m,3.

l'action de la lame. Si elle continue, la dérive de sa partie supérieure frottement de sa base, occasion de vitesse de la surface de même sens qu'elle, c'est-à-dire perpendiculaire de niveau; si la lame arrive à une épaisseur plus considérable.

La pointe de Sainte-Barbe avec les hauts-fonds qui l'environnent donne alors, comme l'indique la carte, une composition qui s'ajoute au mouvement tourbillonnaire direct; près des bains de mer, le courant du brisant porte à l'Ouest, il en est de même à l'entrée de la Nivelle, tandis que les lames qui frappent la digue du Socoa montent jusqu'à son sommet et reculent ensuite sans pouvoir compenser, en aucune façon, ce qui s'est produit à l'Est de la pointe.

On peut, d'après cela, se faire une idée de ce qui arrive en coup de vent, lorsque toutes les causes agissent dans le même sens. Le mouvement circulaire est alors très-apparent, la lame qui brise sur le massif d'Artha barre toute la passe de l'est; elle déferle depuis les fonds de 6 mètres jusqu'à la tourelle des bains, en envoyant dans le Sud une masse d'eau considérable. Aussi est-il arrivé que dans le coup de vent du 18 janvier 1873, un bâtiment amarré sur l'une des bouées du mouillage est venu en travers de la lame par la force de ce courant circulaire et a cassé ses chaînes dans un rappel de l'avant. Ce même navire, alors entraîné vers l'entrée de la baie, près de l'extrémité de la grande jetée, puis repoussé par le vent et la lame, est venu se présenter successivement devant le plateau de Sainte-Barbe, devant l'établissement des bains, puis a remonté enfin contre le vent tout le long de la plage de Saint-Jean-de-Luz jusqu'à arriver près de l'entrée de la Nivelle où il s'est échoué sur le sable.

Le fait de n'avoir pas été mis à la côte près des bains,

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

le vent et la houle y portaient et bornait à la prolonger, demeurait.

Les expériences que nous avons faites en bois de gros diamètre, pour l'entraînement provenant des batteries, ont prouvé que le flotteur, emporté par le vent, disparaissait un moment pour réapparaître.

C'est ce qui a causé souvent la mort d'hommes à la plage de Saint-James lorsque le talus a une inclinaison brusque et vient briser contre une jetée. La lame succède s'élève d'autant plus haut que l'impulsion donnée par la vitesse provenant de cette lame. Moins la première lame s'élève, plus l'élévation sera grande, car elle est agitée dans les tourbillonnements de retour ainsi créés qui glissent, prennent la lame suivante et lui faisant faire le tour, ont un effet très-manifeste.

Le 18 janvier la mer était démontée aux hautes cotes de la plage en devenant plus accentuée; il y avait donc les conditions nécessaires pour produire les lames en cylindres à l'extrémité de la partie supérieure et à l'extrémité inférieure. Le premier s'exerce aux cotes les plus hautes tandis que le second atteint le point où se prolongeait le navire en devenant plus inclinée, le même effet n'eût pu se produire si le vent n'eût été monté sur le sable direct de la baie.

En résumé, en coup de vent, le mouvement des lames

est considérable pendant la durée du flot; et comme al le sable est remué par la lame et qu'il peut obéir immédiatement à l'action du courant, on doit constater des entraînements dans l'Est; la plage de Saint-Jean doit donc prendre le profil qui convient, non à une plage battue par la mer, mais à un banc près duquel passe un courant rapide.

Au moment de la pleine mer, les effets que nous avons décrits se produisent encore; ils ne commencent à être modifiés qu'une heure après.

Indiquons maintenant les mouvements que nous avons constatés pendant le jusant, en suivant toujours le même ordre que ci-dessus.

Après une période de calme à la mer, lorsque le jusant est accompagné de courants extérieurs portant à l'O.-S.-O. le jeu des dénivellations de la marée produit dans la baie un effet compliqué.

Il n'y a point, comme pendant la durée du flot, un tourbillon unique dont le sens est direct, mais plusieurs systèmes dont les points de contact se déplacent suivant l'heure de la marée et les vitesses respectives des forces en jeu.

Le courant de jusant qui sort de la Nivelle se porte d'abord sur l'extrémité de la grande jetée du Socoa, puis se réfléchit progressivement à l'est et sort enfin de la baie à la pointe de Sainte-Barbe, en décrivant un arc de cercle autour d'Artha.

Les points qui sont un peu en dehors et à l'Est de ces premiers filets sont entraînés sur la pointe même de Sainte-Barbe, puis retournent ensuite partie au large, partie dans la baie. Cette séparation se fait sur la ligne qui joint la pointe de Sainte-Barbe à l'accroissement Sud des fonds de 6 mètres au large de Sainte-Barbe.

Plus à l'Ouest, nous trouvons une autre séparation entre deux courants; elle a lieu vers trois heures de jusant

ME

'église
uite à
irculai
, perma
nvoie e
partie
ntre br
es vent
le cor
de 1^{re}, f
accentu
s anin
sont c
mplicat
e les c
ers agi
i douce
ment u
sé; ce
la pla
le cylin
remen

ms les
ces, d
uis un
rd.
es vent
même
ct s'ac
Nivelle
se, ma
l'Oues
ordagai
a ainsi

unique. Si l'effet de la houle s'y ajoute, si la mer brise non-seulement à la plage, mais encore sur Artha et sur la pointe de Sainte-Barbe, il y a encore une augmentation d'impulsion, et le jusant de la Nivelle vient corroder réellement le pied de Bordagain.

En jusant comme en flot, on voit ici que l'effet de la construction de la digue du Socoa a été d'empêcher la formation d'un contre-courant capable de faire équilibre à celui que produisent les lames à la pointe de Sainte-Barbe. D'où évidemment un motif de changement d'équilibre dans les conditions antérieures de la baie.

En résumé, nous devons trouver aujourd'hui, dans le levé de 1873, un état pouvant coexister avec l'action d'un courant de vitesse moyenne circulant en sens direct dans la baie de Saint-Jean-de-Luz. Les effets de ce courant doivent être maxima le long de la grande plage, accentués le long de Bordagain et moins sensibles du côté de l'Oncin (*).

Or, si nous examinons notre dernier levé, nous voyons que ce courant est manifeste non-seulement parce que les deux rivières ont vu leur embouchure reportée aussi loin que possible dans l'Est, et cet effet, pour l'Oncin, est relativement récent, mais aussi parce que le banc de l'entrée de la Nivelle s'appuie uniquement sur la jetée de l'est.

L'érosion de la base de Bordagain, érosion qui paraît curieuse au premier abord, puisque cette partie est beaucoup plus protégée qu'autrefois, a été certainement accélérée par la construction de la jetée du Socoa; aussi a-t-on vu disparaître en quelques années la route construite en dernier lieu, pendant que glissaient par grandes masses

(*) Ce courant n'est toutefois pas homogène; les brisants de l'Est donnent d'abord un courant de surface qui ne devient courant de masse que successivement, et en jusant la nivelle donne un autre courant de surface qui se transforme plus difficilement que le premier.

MÉMOIRES ET D

la mer des escarpements
 aucune crainte.
 l'on examine d'un autre c
 de Saint-Jean, on trouve
 ns suivantes aux différente

	COTES. mètres.	
	— 6	
	— 3	10
		11
Ligne de basse mer.	. 0	12
	+ 3	13
	+ 5	14
	+ 7	15

qu'au nord d'Arcachon les pentes au-dessous
 des basses mers oscillent autour de $\frac{1}{10}$ et
 11, autour de $\frac{1}{15}$.
 et sous ces diverses influences que la baie a
 intérieur qui est indiqué par la carte repr
 Pl. 8, où l'on voit que les fonds de 10 mètres
 s occupent une assez faible place. Il en est au
 x de 6 à 10 mètres qui sont les plus utiles, a
 e du mouillage des navires de commerce; la co
 ligne de niveau de 6 mètres y est devenue ré
 l'Ouest au détriment de l'ancien mouillage, e
 te maintenant une très-grande zone de petit
 angle compris entre Bordagain et la plage de l'
 chiffres suivants ont été obtenus pour la surf
 par les eaux de la baie en se limitant à la li
 mer et en s'arrêtant du côté du large à ce
 de l'extrémité de l'ancienne jetée Nord du
 outit à l'enracinement de la vieille jetée de S
 . (Cette limite a été prise la même pour tous l
 que nous avons dressés.)

On a ainsi en 1875 un total des eaux de 8.675.000 mètres cubes correspondant à une surface de 148 hectares, qui se partage ainsi :

	Surface.	Volume.
De 0 à 3 mètres.	41 hectares	629.000 mètres cubes.
De 3 à 6 mètres.	33 —	1.471.000 —
De 6 à 10 mètres.	53 —	4.137.000 —
Au-dessus de 10 mètres.	21 —	2.438.000 —
Total.	148 hectares	8.675.000 mètres cubes.

Le volume des eaux comprises entre les lignes de niveau de 6 à 10 mètres est le plus considérable de toute la série pendant que la surface correspondante est aussi maximum.

CHAPITRE III.

DESCRIPTION DES ÉTATS ANTÉRIEURS DE LA BAIE DE SAINT-JEAN-DE-LUZ.

COMPARAISON DES LIGNES DE NIVEAU; COURBES DES MAXIMA D'ÉROSION.

COMPARAISON DES SURFACES ET DES VOLUMES.

L'étude que nous venons de faire des forces qui sont en jeu dans la baie de Saint-Jean-de-Luz, va nous permettre d'examiner actuellement avec fruit les états divers par lesquels a passé la baie, et nous chercherons dans chaque constatation à apprécier l'influence qui fut prépondérante, pour en tirer quelque lumière sur l'avenir qui est réservé à la baie.

Le plus ancien document que nous ayons trouvé vient de la bibliothèque de la rue Richelieu; c'est un plan cavalier de Saint-Jean-de-Luz vu de terre. La date est approximativement fixée par les mots : l'hôpital se bastit et aussi par la grandeur de la déclinaison de l'aiguille aimantée.

ons le courant de l'Oncin direct des brisants du Socoa, aucun môle (*). Il y a donc influer quelque peu l'érosion leau.

té dressé, le commerce des t, était considérable; on concurrence des navires pour le Roy, che de la morue, et quelque-nt dans la Nivelle, où la sé-

Comme on n'en peut dire autant aujourd'hui, on est é de reconnaître que la construction des digues vers de l'entrée, en facilitant la propagation des lames l'intérieur pendant le flot et à pleine mer, n'a point ne cause d'amélioration pour le mouillage de la ri-

Le second plan est tiré des archives du dépôt; ici la st aussi cavalière, mais la baie a une profondeur tel-nt réduite qu'il n'y a possibilité d'en tirer aucune usion relative à la position de la plage.

date de ce document, postérieur au premier, peut établie par la construction du premier mur de garan-e renseignement fourni par la déclinaison conduit à impossibilité; l'aiguille aimantée n'a jamais eu cette tion.

Viennent ensuite les deux premiers plans dont le levé té fait géométriquement; leur date fixée par la décl-m ne doit pas beaucoup s'écarter de 1730 (**), mais peut être donnée, d'autre part, par l'état de diverses tructions. On remarque sur ces plans que le premier de garantie est déjà rompu dans son milieu; l'extré-

C'est un courant de surface.

) Le premier de ces plans accompagne un rapport signé Ch^{re}rey, mais non daté.

mité Est subsiste seule. Du côté de Bordagain les maisons qui étaient placées au bas de la partie inférieure de la colline sont déjà attaquées, et si la plage en avant s'étend encore assez au large au moment de la basse mer, la ligne de haute mer ne laisse aucune route entre elle et le pied du coteau. La Nivelle a été endiguée depuis l'époque du premier croquis et les levées ont été édifiées en suivant le lit contourné de la rivière; les dernières maisons de Ciboure sont protégées par une jetée, enfin la digue de l'Est du Socoa fermant plus complètement le petit port vient d'être achevée.

Quelques sondes sont portées sur les deux plans suivants qui paraissent copiés l'un sur l'autre; elles servent à indiquer la possibilité de mouiller quatre grands navires dans la baie. Celui qui se trouve le plus à l'Est a des fonds de 8^m,70, dans un point où l'on ne rencontre que 4 mètres aujourd'hui. La présence des sondes et surtout la manière dont le relief du terrain est représenté nous fait considérer sur ces plans la ligne de basse mer comme bien déterminée, aussi c'est la première que nous reportons sur le tracé général des lignes de niveau (*fig. 3, Pl. 7*).

Le plan de Touros, qui vient ensuite, porte le millésime de 1749; c'est un plan qui était joint à des projets de reconstruction des digues de la Nivelle. A cette époque le deuxième mur de garantie de la ville, placé en arrière de la portion de l'Est qui avait résisté, est à son tour modifié; on l'allonge dans l'Ouest et dans l'Est de façon à donner une protection complète aux propriétés, depuis le couvent des religieuses jusque et au delà du travers de l'église, vis-à-vis de la sortie de l'ancienne route de Bayonne. Ce troisième mur doit se rejoindre par un raccordement à la jetée de la Nivelle.

L'ensemble des travaux proposés pour l'embouchure comprend la construction de deux jetées parallèles portant la sortie de la rivière très en dehors de la plage,

es anciennes constructions qui suivent une direction différente.

Après le nouveau tracé, seront re-dressés l'Ouest, ce qui augmente la rapidité de la navigation.

On a porté les nouveaux travaux de manière l'Oncin coule directement à

l'intérieur pour donner un ensemble de plans indiqués sur des feuilles séparées,

qui ne porte pas de sondes, et l'on remarque que le tracé de la baie est identique à celui qui est donné par le document antérieur. Comme on ne peut admettre qu'il en ait été ainsi, puisque dans l'intervalle le tronçon du premier mur de garantie et le couronnement du second ont été enlevés par la mer, on doit en conclure que cette ligne de basse mer du plan de Touros a été empruntée au document de 1730 (*).

La carte suivante a été gravée à l'occasion des projets de construction des digues d'Artha et du Socoa.

On avait conçu en 1783, comme plus tard en 1866, le projet de créer de toutes pièces une rade fermée à Saint-Jean-de-Luz et l'on croyait pouvoir arriver très-rapidement à ce but en employant, pour fonder la digue, le système de construction qui avait presque réussi à Cherbourg.

Après des deux pointes du Socoa et de Sainte-Barbe, les travaux entrepris avec vigueur en 1783 étaient arrivés en 1793 à donner des digues de 92 toises et de 76 toises de longueur, lorsque le manque d'argent et les préoccupations de la Révolution les firent arrêter.

Après la Révolution ne permit même pas de les entretenir, et, sans s'inquiéter des agitations des hommes, les digues se désolèrent pierre par pierre.

(*) La déclinaison se rapporte à l'année 1749.

Il ne restait dans ces dernières années, de ces grandes digues, qu'un tronçon à Sainte-Barbe et l'amorce du Socou qui avait reçu un revêtement d'après le système du colonel Emy.

Sur le plan gravé on remarque que le troisième seuil de garantie n'a pas résisté davantage que les précédents; il a été démoli en mars 1782, et la même année on a construit en arrière un quatrième mur sous le nom d'estacade 1782.

C'est dans ce coup de vent de 1782 que le couvent des Ursulines a été détruit par la mer, ainsi que le seuil qui le garantissait. Le plan gravé nous montre que l'on n'avait pas renoncé à améliorer l'entrée de la Nivelle par des digues que l'on prolongeait très-avant dans la baie, conformément aux idées du temps, et l'on pensait aussi à créer dans la rivière un bassin à flot muni d'écluses de chasses pour débayer les bancs de l'embouchure et abaisser le seuil de la barre extérieure.

Dans l'Est, l'érosion du pied de Bordagain a déjà fait disparaître un certain nombre de maisons; l'Oncin se jette à la mer dans une direction normale à la plage.

Vient ensuite, par ordre chronologique, un plan signé par le chevalier Isle, major des vaisseaux du roi, plan dont la partie topographique est certainement empruntée aux ponts et chaussées, mais qui joint aux sondes de ce service un assez grand nombre de cotes nouvelles.

C'est le premier document sur lequel nous puissions tracer de sérieuses lignes de niveau et l'on peut s'assurer ainsi que la ligne de basse mer présente autre chose que l'apparence de la réalité.

L'entrée de la Nivelle est limitée en 1787 par des jetées qui ne s'avancent pas beaucoup au large, mais la digue Est a comme prolongement un grillage préparant son allongement.

Du côté de l'Ouest, le cours de l'Oncin commence à se détourner au nord.

plan de l'an IV de la République datant certainement de 1795, mais dont on ne sait rien de plus, et qui est cependant que la partie occidentale a été complètement démolie de la quatrième estacade en arrière.

Il existe une série des plans modernes des pontons et chaussées datant de 1823.

Ce plan est sondé régulièrement; il constitue donc le deuxième document sérieux que nous produisons quoiqu'il reste encore quelque incertitude sur le zéro pris comme repère des basses mers.

Au point de vue des érosions, nous trouvons sur ce plan que la quatrième estacade, dite de 1782, a été démolie à son tour; il reste pourtant encore des vestiges de la partie Est de la troisième.

D'autre part, on construit une cinquième levée qui portera le nom de seuil de garantie. C'est le seuil qui existe encore aujourd'hui. Le puits qui est resté si longtemps debout comme une colonne, sur le bas de la plage et qui n'a été démolie que lors du coup de vent de cette année, commence à se montrer au sommet de la plage, mais en dehors de la ligne des hautes mers: enfin du côté de Bordagain, plusieurs rochers paraissent déjà détachés de la côte et la rivière de l'Oncin continue à porter son embouchure dans le Nord.

Les levés suivants sont dus à MM. Beutemps-Beaupré, 1826; Lieusson et Larousse, 1857, et à M. Bouquet de la Grye, 1864, 1873.

Pour tous, le point de départ de sondes est le même; il est situé à 7^m,30 en contre-bas de la tablette de la jetée de

(*) La déclinaison se rapporte à l'année 1744.

l'Est du Socoa ou à 0^m,20 en contre-bas en bronze scellée dans le mur. Il ressort de ces plans que l'érosion a continué par l'intensité qu'autrefois. Le cinquième sex-tériaux meilleurs, et dont les joints ont tenu, a toutefois parfaitement résisté; le prolonger dans l'Est, de façon à protéger

Dans les deux derniers levés, nous puis en construction, le nouveau travail baie. Il est basé, comme celui de 1783, à fournir un mouillage aux navires que surprend au fond du golfe de Gascogne, rité des bâtiments échoués dans le port celui de Saint-Jean-de-Luz; en plus, il tence même de cette dernière ville que la gressivement chaque année.

Nous voyons dans le dernier levé, qu du Socoa a été prolongée sur une longueur il lui manque encore quelques dizaines de ver au point fixé par le projet: le roc couvert de 12.000 mètres cubes de blocs émerger à mi-marée, et cet amoncellement doit former le noyau d'une digue placée au large en barrant dans la baie une longueur. La passe de l'Ouest conservera une largeur quant à celle de l'Est, elle est fort réduite par le cable. Toutefois elle est maintenue, non mais pour assurer dans la baie le jeu des vagues nous ne savons tout à l'heure combien cette inspiration

En ce qui concerne l'entrée de la Nive, elle y a eu une série d'attaques sur l'extrémité qu'on a dû rogner de quelques mètres à deux reprises, puis il s'est produit un report de plus en plus constant du seuil extérieur dans l'Ouest; aujourd'hui il s'appuie tout à fait sur les roches de Bordagain.

DE

ccas

co

evé

de

la r

oché

l'ac

rants jointe aux entraînements
que les terrains ont glissé par
tout sur leur passage.

Sous l'influence des mêmes a
l'Oucin arrive aujourd'hui à la li
ruisseau s'appuie sur la levée du

La conclusion immédiate que
rapide examen c'est, d'une par

les moyens employés pour

dû construire successivement

était placée en retrait sur

d lieu, la trace devient de

nt portant à l'Ouest, puis

rejetées toutes les deux aus

ture des lieux; enfin l'insu

e construction apparaît lors

s vis-à-vis de la grosse me

i déjà 50 mètres lorsqu'on

les 100 mètres restants, et

était d'un autre côté ran

eurs de 75 toises en 17

ètres en 1864 et 20 mètres

La carte dont nous avons déjà

qui concerne la plage de Saint

successives des différentes étapes

(*) Elle montre immédiatement c
200 ans.

étudiée pour arriver déjà à des conclusions pratiques; mais au lieu de regarder les seuls avancements de l'Océan à ce niveau de la basse mer, l'examen sera bien plus instructif si nous considérons à la fois la marche de chacune des lignes de niveau. Le tracé, figuré sur la Pl. n° 7, va nous permettre de le faire plus facilement; la raison de la destruction si rapide de tous les seuils construits jusqu'à ce jour en ressortira clairement.

Nous avons indiqué qu'il existait, au milieu de la baie, un point de convergence pour les lames faisant le tour d'Artha, point d'où elles paraissent partir pour s'épanouir ensuite simultanément dans tout le fond de la baie.

Les sections portées sur cette feuille passent toutes par ce point A.

Comparaison entre les courbes de niveau. — La première A₁ est dirigée sur le piédestal de l'ancienne croix des sables : sa direction S. 68° E. passe par l'extrémité actuelle de la grande digue du Socoa, c'est-à-dire que la partie de la baie qu'elle traverse n'est qu'à moitié soumise à l'action directe des grandes lames, puisque les grandes profondeurs sont orientées S.-E et N.-O. En revanche, la lame de surface y bat en plein la plage.

Sous leur influence la ligne de basse mer a éprouvé un recul de 167^m,75 pour la période comprise entre 1730 et 1873, ce qui donne les érosions annuelles suivantes :

De 1730 à 1787.	+ 1 ^m ,58
De 1785 à 1826.	+ 1 ^m ,15
De 1826 à 1858.	+ 0 ^m ,64
De 1857 à 1864.	— 2 ^m ,00
De 1864 à 1873.	+ 3 ^m ,00

Sauf le retour en arrière de 1864, la courbe se prononce bien dans le même sens; le maximum a lieu entre 1864 et 1873, c'est-à-dire sous l'influence des travaux actuels.

La courbe de 3 mètres suit une marche un peu plus ré-

gulière : de 1787 à 1826 l'érosion moyenne est de 1 mètre environ, puis elle passe entre 1826 et 1873 à 1^m,70. Il y a un accroissement moyen d'érosion plus grand que sur la courbe de la basse mer, c'est-à-dire augmentation de la pente entre les deux courbes.

Pour la ligne de 6 mètres, nous avons d'abord une faible érosion, entre 1787 et 1826 — 1^m,54, puis de 1826 à 1864 le cheminement atteint 4^m,86, chiffre considérable, et enfin depuis le commencement des travaux, non-seulement l'érosion s'est arrêtée, mais même il y a un retour en arrière de 1 mètre par jour.

En résumé, si nous voulons bien nous souvenir, d'une part, que la jetée de Sainte-Barbe a été chaque année diminuée quelque peu depuis 1787, que la lame du vent agit librement dans cette section et que, de l'étude des courants, il résulte qu'en jusan il y a là une action de rotation spéciale, on en conclura qu'en présence des travaux qui se poursuivent sur Artha, travaux dont l'influence directe sera de diminuer la force de la lame de fond, puis de la lame de vent, la courbe de 6 mètres continuera sa marche en arrière, marche parallèle d'ailleurs à la ligne de 10 mètres ; la ligne des fonds de 3 mètres subira bientôt l'effet de cette diminution de pente, c'est-à-dire qu'elle s'arrêtera aussi, effet qui tendra à influencer la ligne de basse mer, mais plus lentement. L'effet des travaux est donc favorable dans le sens de l'arrêt de la plage, mais il ne se manifestera que dans quelques années ; les actions agissant dans le fond ont diminué lentement, mais les courants de surface agissent encore en même temps que les lames de vent. Le rapprochement des trois courbes en 1864 prouve qu'à cette époque, il y avait pour cette partie de la plage un véritable danger, atténué pourtant par la disposition de la courbe des basses mers.

L'orientation de la deuxième section est le S. 55° E. Cette direction passe par le mur du jeu de paume, elle aboutit de

~~... , son caractère est le ...~~
bien ouverte aux lames des plus grands fonds,

qu'au danger. Lorsque les travaux seront achevés, la ligne de mètres sera arrêtée depuis quelque temps, puis viendra

l'arrêt de la courbe de 3 mètres plus difficile à obtenir en même temps celui de la ligne de basse mer.

La quatrième section part du centre d'Artha, passe par le point A et se dirige de là sur l'église de Saint-Jean-de-Luz. Son orientation est le S. 36° E. Elle aboutit à un point de la côte qui se trouve très-exposé à la lame de fond, mais qui commence à être mis à l'abri de la lame de vent par le prolongement de la digue du Socoa.

Aussi nous trouvons dans le tableau suivant que l'érosion de la plaque va en diminuant; elle est nulle dans dernière période :

	ÉROSION ANNUELLE. — SECTION A ₁ .				
	De 1780 à 1787	De 1787 à 1826	De 1826 à 1857	De 1857 à 1864	De 1864 à 1873
Ligne de basse mer. . .	2,34	0,64	1,26	0,30	0,00
Ligne de 3 mètres. . .	"	1,05	1,81	3,50	0,00
Ligne de 6 mètres. . .	"	1,92	1,00	8,00	6,20

La ligne de 3 mètres a son maximum d'érosion en 1864; elle est aujourd'hui arrêtée comme la première.

Quant à la ligne de 6 mètres, sa marche atteignait un chiffre considérable de 8 mètres en 1864; on n'a plus que 6^m,20 en 1873, mais ce chiffre est encore énorme.

Pour atténuer cette érosion, il faut évidemment compter sur l'élévation d'Artha et le prolongement de la digue du Socoa; mais c'est une érosion due aux courants et aux grandes lames, et comme nous n'avons pas intérêt à diminuer les premiers, c'est aux seconds seuls que nous nous adresserons.

Arrivons maintenant à la section A₂ qui passe par le n° 9 du seuil de garantie de Saint-Jean; elle donne le tableau suivant :

	ÉROSION ANNUELLE. — SECTION Ag.				
	De 1780 à 1787	De 1787 à 1826	De 1826 à 1857	De 1857 à 1864	De 1864 à 1873
Ligne de basse mer. . .	1,02	0,51	1,09	3,57	— 1,00
Ligne de 3 mètres. . .	"	1,07	1,62	2,43	2,01
Ligne de 6 mètres. . .	"	0,25	1,78	1,00	9,44

La ligne de basse mer a eu son érosion maximum entre 1857 et 1864; un premier maximum s'était manifesté dans la période 1787-1826 sous l'abri des premiers travaux du Socoa, puis est venue l'érosion active due à la destruction de cette jetée; puis enfin sa reconstruction à nouveau et son plus grand avancement au large ont occasionné non-seulement un arrêt, mais bien un recul en arrière.

La ligne de 3 mètres donne lieu à une observation analogue, quoique moins accentuée; il n'y a pas arrêt, mais bien simple diminution de vitesse dans les neuf dernières années.

Enfin, pour la ligne de 6 mètres, dont la marche moyenne était très-lente, l'accroissement va non-seulement en grandissant, mais il se produit dans des proportions effrayantes; il atteint 9^m,44 par an. C'est plus que dans la section A, et plus qu'en aucun autre point. Doit-on s'en inquiéter? Non. La distance entre les trois courbes est encore en effet très-grande, la pente n'est que de 6 mètres pour 140 mètres, ou de $\frac{1}{23}$; l'avancée de la ligne de 6 mètres peut ne pas diminuer de quatre années sans qu'il y ait péril et enfin le danger, si danger il y avait, serait annoncé par la courbe de la basse mer, courbe qui nous indique au contraire que la plage s'étend au large. Cet effet tient à la fois au courant et à la lame de fond, surtout aux courants, puisqu'ils progressent seuls, et la limite de leur action du côté de la plage montre que leur force

Ligne de basse mer. .	0,89	0,51	0,61	5,30	- 1,1
Ligne de 3 mètres au-	"	0,54	1,66	1,66	0
dessous de 0.	"	- 1,28	+ 1,45	- 3,40	0
Ligne de 6 mètres au-	"				0
dessous de 0.	"				0

La ligne de basse mer a pris, dans ces dernières années, un recul parfaitement accentué. La plage était ronde une année avant les travaux, et si l'on remarque que de 1857 manque de sondes dans cette partie, on voit que l'érosion était régulière avant 1864; à partir de cette époque, il y a, au contraire, un point de rebroussement qui serait plus brusque encore si nous considérions la réalité ce n'est qu'en 1867 qu'ont commencé les travaux de la jetée du Socoa.

La ligne de 3 mètres a suivi ce mouvement de recul dans la section précédente; la marche à terre a été arrêtée. Il n'en est pas de même de la ligne de 6 mètres dont l'érosion s'élève presque aussi brusquement qu'auparavant; cela est encore dû à un effet de la lame de fond et de courant, et donne une preuve de la courbe suivie par le courant.

Enfin, vient la septième et dernière section dont il est reporté ci-après :

OSION A

de 1837 à 1836	de 1836 à 1837	de 1837 à 1838	de 1838 à 1839
0	1,71	0	— 3,70
0,25	1 84	4,00	— 4,70
0,99	3,43	— 0,30	— 0,30

recul prononcé de toutes parts. Int le chiffre le plus considérable sur la ligne de 6 mètres. Si, dans l'ensemble de ces sept lignes de basse mer et des fonds caractéristiques de deux actions marchant de l'Est à l'Ouest que passer l'érosion de la plage du 1 avant de 3 mètres à un recul, pour la courbe de 6 mètres, on deux premières sections, recul à un avancement antérieur ramenant à une érosion annuelle de la sixième et de la septième brusquement en un retour au

se.

Le danger n'existe donc que faible sur la plage, vis-à-vis de la ville, et s'il est encore apparent sur les courbes de 6 mètres, le péril est fort diminué par le faible rayon de courbure du maximum d'érosion, courbure correspondante à une action du courant qui se limitera elle-même. La pente de la plage n'offre d'ailleurs pas encore de danger et elle peut augmenter quelque peu sans inconvénient (*).

) Nous avons voulu étudier dans la baie de Fontarable, qui se trouve placée à l'ouest de Saint-Jean-de-Luz, l'effet de l'érosion sur la côte aux diverses lignes de profondeur, et nous avons tracé sur la carte n° 4 les profils résultant de la comparaison du

L'examen des courbes maxima d'érosion que nous avons portées dans la carte n° 5 va nous rassurer d'ailleurs plus complètement.

Le premier tracé donne les actions exercées annuellement de 1787 à 1826, lorsque la digue de Socoa et celle de Sainte-Barbe étaient encore en partie en place et offraient aux lames des résistances de moins en moins grandes.

Si l'on rapproche ce tracé du dernier donnant l'érosion annuelle dans la période 1864-1873 et correspondant par suite au cas où la digue du Socoa fonctionne seule, on reconnaît de suite une similitude d'effet correspondant à une action analogue. La courbe des maxima est plus tendue dans le second cas, le courant de Sainte-Barbe est

plan levé en 1826 et de celui qui a été levé par nous en 1866. Les sections vont de l'Est à l'Ouest, comme pour le premier plan; elles portent sur une partie composée des mêmes matériaux que la plage de Saint-Jean et ayant une exposition analogue.

Seulement, comme on ne se trouve pas ici en présence de digues plus ou moins avancées en mer et que le courant dérivé a un très-grand rayon de courbure, une grande masse et une faible vitesse, l'érosion est régulière et elle s'étend presque parallèlement à toutes les profondeurs. Cela nous donne, par cette raison même, une meilleure idée que la baie de Saint-Jean actuelle, de la puissance normale de la lame; l'effet produit doit ressembler davantage à ce qu'il était il y a un millier d'années dans l'anse où se jetaient La Nivelle et l'Oncin réunies et nous nous rappellerons un peu plus tard que l'érosion moyenne des trois premières sections nous donne aux différentes profondeurs les chiffres de :

	Erosion moyenne.
Niveau des basses mers.	1,90
Ligne de 3 mètres.	1,10
Ligne de 6 mètres.	0,80
Ligne de 10 mètres.	1,30

On voit qu'ici, sauf en ce qui concerne la ligne de 10 mètres, l'érosion va en décroissant au fur et à mesure que les fonds augmentent, et pour la ligne de 10 mètres peut-être la moyenne est-elle altérée par un tracé erroné de la ligne de niveau de la première section, puisque la moyenne des deux autres ne nous donnerait que 0,80, comme pour les fonds de 6 mètres.

coïncide avec la destruction de la t explique aussi pourquoi, à l'ou- n recul plus rapide dans les grands rs que ce maximum d'action mon- on du courant superficiel en cou- rant qui attaque d'abord la plage ourant s'écartant sur les grands

re 1826-1864, la lame opère par- be, comme sur la côte des Landes, ligne droite et elle est assez diffi- m n'est pas apparent.

ie ces faits qu'un prolongement de faire transporter davantage dans 873, diminuer encore le rayon de constaté, et porter tout à fait à oint que l'on peut facilement dé-

nparaison des divers états de la iterait dans le même ordre d'idées est de la plage de l'Oncin et des ort du Socoa. Mais heureusement e étude, le phénomène est ici plus

ence d'une côte qui, placée sous et de la digue du Socoa, en subit chaque mètre de construction de t immédiat. La marche rétrograde des lames est l'effet normal : les 873 le prouvent surabondamment; simple action de surface produite ames et par le courant circulaire nes inférieures, la protection de la iamétralement opposé.

Nous avons vu tout à l'heure dans le quatrième dia-

gramme que la ligne neutre s de la jetée; elle laisse, par suite un espace considérable où il y et comblement par les apports par cela seul que les sables ne par les lames de fond. Aussi au intenable pour les bâtiments, les Criquas, trouvait à la suite elle en facilitait le déblai jusqu donnant aux navires un grand peu abrité; aujourd'hui, on n Criquas, mais cet ancien mouill 6 mètres s'est reportée dans l' plus une poche, mais une cou général et non tout local qui en

La discussion des lignes de en même temps que vers Bord 145 ans, de 115 mètres, sous superficielle (érosion moindre Jean-de-Luz) et pendant la même nous qu'un recul de 80 mètres la raison, toujours la même, cielle y est moindre. Nous pour que la position de l'embouchure fonction de la longueur de la et de la puissance des brisants d courte ou n'existe pas, cette en Bordagain; la lame la pousse d chure de l'Adour était action lorsque la digue s'allonge, l'est et aujourd'hui, avec la longueur de la rotation des courants, et directement sous le Socoa.

Nous n'avons pas encore par 10 mètres qui est la caracté-

rs, les mouvements en sont re-
s. La ligne de 1867 figure parmi
baie, 1873 parmi les plus re-

nds est ici encore tout à fait pa-
ées du Socoa, mais s'exerce au
; l'équilibre s'établit lentement.
ent d'être arrêtés, la protection
du mouillage, puisque la digue
veau des basses mers; on a une

Quantité de fonds au-dessus de 10 mètres considérable,
res. Plus tard, et malheureusement nous sommes
le franchir l'époque où l'on eût signalé un mini-
us tard, dis-je, en 1826 une partie des travaux
nolie, on a encore 22 hectares. Puis les digues
nt à être enlevées pierre par pierre, on retrouve
res en 1857, autant en 1864, mais un retour se
la reprise des travaux et nous n'avons en 1873
ectares.

videmment nous indique que l'avancement des
diminuera encore cette étendue et nous entrons
un ordre de vues bien différent de ce qui nous a
é jusqu'ici; nous parlions toujours des craintes
pouvait avoir pour l'avenir de Saint-Jean et nous
is que bien des raisons nous faisaient espérer que
tes étaient vaines et que la baie avait cessé de
3.

git d'un péril en sens inverse, de la destruction
llage. Le recul des lignes de fond de 6 mètres
mouillage, la diminution de l'espace au-dessus de
s doivent-ils nous annoncer que dans un avenir
on n'aura plus à lutter contre l'envahissement de
un-de-Luz par la mer, mais contre celui de la baie
sables?

Surfaces et cubages. — Nous allons répondre par des

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

res à ces préoccupations très sérieuses, il faut dire, que les premières mesures des volumes d'eau de mer de la baie à différentes époques, il s'agit est bornée au sud par la péninsule de Pazyrgie, et au nord par une limite déterminée des anciens travaux de nivellement de ceux de Sainte-Elisabeth. Les chiffres de ces calculs, obtenus par toutes les sondes de la baie, les levés donne une grande exactitude et que, pour l'année de 1787, dont les sondes sont rapportées à un niveau de la mer non défini (ce qui comporte une erreur de quelques centimètres sur la hauteur) la différence que cela fait sur le cubage réel de la baie atteint seulement de 184.000 mètres cubes. Avant de conclure, nous ajouterons pas que cet aléa peut exister sur le volume obtenu par le plus ancien de nos levés. Ajoutons la présence d'un phénomène d'érosion si apparente, dans la partie droite de la baie, et du côté de l'ancien mouillage; dans l'autre, nous avons pu partager la baie en deux sections par une ligne passant par la pointe des bains chauds de Bozouk et nous avons donné séparément les chiffres des volumes et des surfaces de chaque section.

Baie de Saint-Jean-de-Luz. — Surfaces et cubages.

	FONDS de 0 ^m à 3 ^m .		FONDS de 3 ^m à 6 ^m .		FONDS de 6 ^m à 10 ^m .		FONDS au-dessus de 10 ^m .		TOTAUX.	
	Surface.	Volume.	Surface.	Volume.	Surface.	Volume.	Surface.	Volume.	Surface.	Volume.
	m. q.	m. c.	m. q.	m. c.	m. q.	m. c.	m. q.	m. c.	m. q.	m. c.
1787	165.000	240.000	174.500	795.120	158.500	267.220	279.750	3.424.520	777.750	5.726.900
1826	184.250	282.900	180.250	773.480	123.750	952.300	170.000	1.930.518	658.250	3.939.240
1857	211.750	302.570	204.740	849.160	142.250	1.135.200	197.748	2.318.300	756.500	4.605.240
1864	209.560	306.408	218.630	926.800	137.180	1.069.313	191.187	2.270.631	756.560	4.573.151
1873	256.060	390.010	187.620	830.170	152.680	1.276.150	146.030	1.736.019	741.800	4.232.360
1787	173.250	286.120	171.000	756.600	255.250	2.006.870	41.000	464.750	642.500	3.514.350
1826	144.500	228.440	166.500	752.206	272.500	2.074.462	51.000	537.771	634.500	3.592.880
1857	164.250	260.750	167.750	704.000	323.000	2.380.480	69.250	790.520	724.250	4.135.750
1864	142.310	211.390	148.750	690.470	346.870	2.689.875	78.750	900.500	716.680	4.492.230
1873	157.125	239.490	144.182	641.550	378.440	2.880.250	63.125	702.800	742.810	4.444.090
	TOTAUX.						ÉROSION au-dessus de 0. — Volume.		SOMME.	
	Surface.	Volume.								
1787	1.420.250	9.241.250					"		9.241.250	
1826	1.292.750	7.532.123					1.464.877		8.997.000	
1857	1.480.748	8.740.988					662.012		9.403.000	
1864	1.473.250	9.065.380					720.620		9.786.000	
1873	1.484.610	8.676.456					863.544		9.540.000	

Si nous regardons d'abord les surfaces, nous voyons que dans la partie de gauche, la surface comprise entre 0 et 3 mètres va constamment en augmentant : elle passe de 16 hectares à 25 hectares, tandis qu'il n'y a qu'une simple oscillation dans la partie de droite. Cet effet est évidemment produit, dans le premier cas, par l'action d'une agitation superficielle, et nous ne devons pas oublier que les courants de la Nivelle en occasionnent une de cet ordre qui doit persister d'autant plus que l'eau douce est plus abondante dans la rivière. Le ressac facilite l'action de ce courant.

Pour les surfaces de 3 à 6 mètres, il y a une diminution assez notable dans ces dernières années ; dans la première section, de 22 hectares environ, la surface passe à 18^{hect.} 7, tandis que dans la partie de droite nous ne trouvons pour les neuf dernières années qu'une diminution insignifiante.

Les fonds au-dessus de 6 mètres de gauche, dans ces dernières années de surface qui les ramène presque en revanche nous voyons que ceux sus passent de 19 hectares à 14^h, loin d'être complète. A droite, de 1 de 25^h,50 à 37^h,8 pour les fonds 4 hectares à 6^h.3, pour les fonds le résultat serait donc favorable pour malheureusement, le mouillage en car cette partie est exposée à la la

La représentation graphique des nous dans la Pl. 8, fig. 2, va nous facilement leurs variations qui sont pour l'objet de nos recherches.

La courbe qui donne le volume prises entre la ligne de basse mer n'est pas une ligne droite parallèle ces dernières années il y a pourtant De 3 à 6 mètres le parallélisme existe à partir de cette époque, on constate une petite diminution, mais ce peu importantes.

Il en est autrement des volumes ceux au-dessus de 10 mètres. Pour dans la partie de gauche une diminution 1826 suivie d'un accroissement les sommes à peu près revenues au volume des époques extrêmes ont en effet quelque vue des constructions, et nous avons blanche apparaissait sur les courbes De l'autre côté de la baie la différence de volume va constamment en croissant, encore puisque de 1787 à 1873 la de Sainte-Barbe s'est faite pierre

BAIE DE SAINT-JEAN-

u'un tronçon de 20
tés une amélioration
la courbe de 10 m
des volumes ne ver

chute est rapide : de
volume tombe à 1.
rive droite il change
lumes de 6 et 10 m
merciaux, car ils r

fonds propres au mouillage, on trouve pour
ie suivante :

Année 1787	4.691.000 mètr
— 1826	2.882.000
1857	3.453.000
1864	3.339.000
1873	3.012.000

s chiffres montrent, d'une part que nous
re descendus en 1873 à l'état accusé p
n'a pas été le minimum, mais aussi q
u 27.000 mètres cubes depuis 1864. E
ux généraux, on voit que la diminution
de la baie a été de 389.000 mètres cu
nière période; c'est donc sur les fonds

proprement dit que s'est produit l'ensableme

Cette courbe des volumes de la baie, que
lessinée dans la deuxième partie de la fig.
avec la forme d'une sinusoïde; la branche
son minimum apparent en 1826, puis sous
me de l'érosion elle remonte jusqu'en 186
cendre ensuite avec la même rapidité qu'en

Ainsi l'érosion générale a été arrêtée der
mière par deux digues construites sur les sail
dans des profondeurs faibles, la seconde par

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

plus au large et par les bords que la continuation des têtes de diminution de volume, il n'est au dernier effet constaté que l'action ne s'exerce pas seulement au zéro des sondes, mais encore sur les terrains qui sont en destruction a été constaté au-dessous de zéro, :

ne peut-il arriver que par suite de l'arrêt de la mer en 1873, arrêt que nous supposons devoir arriver un jour, une bonne partie de ces matériaux ne viennent à modifier cet équilibre constamment troublé et que l'équilibre reste en somme dans l'état actuel? Nous avons pu calculer approximativement pour chaque période d'années les profils de 1823 et 1826 ce que le recul des dunes et l'érosion de Bordagain ont pu donner de matériaux en joignant à ces volumes ceux portés dans les relevés généraux, nous avons obtenu le tracé de la courbe.

Le graphique représente les modifications du volume de la baie plus de la baie elle-même, mais bien des actions extérieures, c'est-à-dire des entraînements des rivières vers la mer. Nous voyons alors que ces deux dépressions se sont montrées non-seulement faibles, mais qu'en 1864; que les courants ou la lame, à Fontarabie, ont, en somme, une véritable puissance d'entraînement et que depuis 1864 seulement on a vu 100 mètres cubes d'ensablements produits par des matériaux étrangers à la baie (9.786.000 mètres cubes en 1864, 547.000 mètres cubes en 1873).

Il est possible de trouver trace de ces sables dans les fonds extérieurs? Nous avons essayé de le faire, en calculant le volume compris dans une zone s'étendant jusqu'à la limite de nos sondages de 1864 et de

prenant la coulée de sable qui se
 et des deux pyramides de Sainte-
 s que nous avons obtenus par des
 égales, puisque les limites sont ou
 140.000 mèt. c. et 3.259.000 mèt. c.,
 ramenés à 3.240.000 mètres cubes
 cubes en soustrayant le cube des
 offrent pas une différence relative

Si le sable jeté dans la baie vient du large, l'apport n'est pas brusque, mais continu, puisque après un coup de vent il n'y a pas de changement sensible.

Mais si un pareil entraînement était possible même en coup de vent, si la lame se chargeait ainsi de sable pris dans les grands fonds et les apportait à la côte, les modifications apportées de cette façon ne seraient pas particulières la baie de Saint-Jean. Or, nous avons dit qu'il y a des

semblables sur la côte d'Espagne, que le port de Pas-
 notamment est plus fermé qu'elle, qu'il est exposé aux
 es tempêtes, et dans ce port qu'on dévase actuellement,
 ne trouve pas de dépôt particulièrement marin, le bras-

diminue constamment, mais il diminue, non dans les
 ds fonds, mais dans les petits; les dépôts sont vaseux
 n sableux, ils proviennent des rivières et non de la

Lorsque Saint-Jean-de-Luz sera fermé, les conditions
 ivement à la mer ne changeant pas, il y a bien peu de
 ns pour que ce qui se passe au Passage ne se repro-
 ici. On n'a donc en réalité à redouter que l'ensable-
 produit par la Nivelle et peut-être aussi celui prove-
 de la baie de Fontarabie (c'est-à-dire de la Bidassoa),
 peut cheminer lentement le long de la côte. Or, pour
 période presque décennale nous voyons qu'il y a une

masse annuelle de $\frac{260.000}{9} = 29.000$ mètres cubes apportée
 dans la baie; le danger est donc loin d'être effrayant.

MÉMOIRES ET

us résumerons ce long c
ence des lames et des co
-Jean, comme celui de la
te des Landes), est rongé
s actions énergiques que
ier chapitre provoquent d
ue aucune protection ne l
érosion annuelle de 59.00
es matériaux extraits de
le font qu'y *transiter* et q
le partie, des alluvions
illions de mètres cubes
construction des digues
ger de signe le mouvemen
formée en remblai ayant
00 mètres cubes et dont l
sur le côté gauche de la
est un nouvel état d'équi
er; il nous reste à indiqu
nter quelques vues sur l
de vue de la navigation.

PIRE IV.

AVENIR DE LA BAIE APRÈS L'ACHÈVEMENT DES DIGUES.

AMÉLIORATIONS DE LA NIVELLE ET DU SOCOA.

Au mois de juillet de cette année, la digue neuve du socoa était terminée sur une longueur de 285 mètres; il restait à en construire 50 mètres; les blocs destinés aux fondations étaient déjà placés sur une longueur de 250 mètres.

Pour Artha, on était moins avancé; d'après la comparaison des sondes faites en 1864 et en 1873 (25 juin), il y avait une différence de cubage de 10.329 mètres, représentant le volume des matériaux jetés à la mer, mais bien qu'il existait sur le rocher de mètres cubes de blocs utiles pour la fondation de la digue; l'excédant avait roulé dans la baie sous l'effort des lames.

Le travail de fondation d'Artha n'était ainsi achevé qu'à la proportion de 1/6^e environ, tandis que la jetée de socoa était terminée aux 5/6^e.

Nous avons analysé dans les derniers chapitres les résultats obtenus par cette dernière jetée à ces divers degrés d'avancement, et tout nous fait supposer qu'après l'achèvement de la dernière section, les résultats seront semblables à ceux qui se présentent aujourd'hui; nous pouvons donc, en traçant un moyen de parallèles la limite de protection qui sera offerte dans le fond de la baie. C'est ce que nous indiquons sur la fig. 1, Pl. 8, en indiquant par des lignes les parties actuellement en équilibre.

Pour Artha la difficulté est plus grande, précisément à cause du peu d'avancement des travaux; nous avons bien une protection réelle sur la courbe de 6 mètres donnée par le cône des enrochements, puisqu'elle a procuré un recul de toute la partie de l'est; mais sur la plage même, l'effort

MÉMOIRES E

ait est loin d'être aussi r
pas supprimée.

us devons donc nous b
e de la lame de 6 mètre
par l'extrémité Ouest de
ons pour rester en deçà
ne pour la jetée du Socor
ction relatif à la laisse c
èvement des travaux il
sensible annuelle que su
plage, ce qui assure la
tons ici que le recul de l
l'est par le jet des mat
es travaux de cette pai
lus dans l'ouest, et actu
re maximum du sol se
i, c'est donc là qu'il y a
s en laissant à l'avenir
l'Est doit être ou non re
archer ici pas à pas, si
dre prix l'effet maximun
y a, il est vrai, une parti
nence à l'hôpital et s'ét
à être rongée et dont la
par le fait même de la co
cette plage il y aurait q
digue aussi bien dans l'
touche à une question
ent des brisants de la
du mouillage de la baie
e de la ville, et deux so
ntées.

trefois, avons-nous dit,
ute des Criquas intérieu
mouillage des bâtiments

exposés à la mer du vent, à celle qui résultait des brisants des Criquas, ce qui rendait le mouillage précaire, mais la profondeur en était conservée.

Aujourd'hui, il n'y a plus en ce point ni ressac ni brisants spéciaux, mais aussi plus de fosse.

Si l'entrée de la baie était plus fermée qu'elle ne le sera après l'achèvement des travaux, nul doute qu'il ne puisse se déposer annuellement dans l'ouest, puis ultérieurement vis-à-vis des bains, une partie des 100,000 mètres cubes de vase et de sables qui descendent l'hiver à la mer avec les eaux de la Nivelle. Au bout d'un certain nombre d'années la baie redeviendrait ce qu'elle a dû être autrefois, l'embouchure commune à deux rivières; on verrait la vase exhausser le fond, comme elle fait au port du Passage, comme elle le tente déjà dans le port du Socoa (*).

(*) On peut essayer de déterminer, à l'aide de la valeur moyenne de l'érosion de la plage de Saint-Jean-de-Luz depuis 150 ans, l'époque où les deux rivières de l'Oncin et de la Nivelle se jetaient dans la mer, près d'Artha, c'est-à-dire le moment où la baie de Saint-Jean-de-Luz n'existait pas encore. Le calcul fait remonter au commencement du XI^e siècle, si les conditions actuelles se sont maintenues depuis cette époque. Or nous savons qu'il n'en a pas été ainsi; le débit de la Nivelle a diminué et diminue encore, les marais intérieurs se sont comblés et les courants actuels de l'embouchure ne représentent plus qu'une faible partie de la force vive qui était en jeu deux fois par jour à l'entrée de la baie. Or, de cette intensité de courants dépend formellement aussi la valeur de l'érosion; si on la double ou si on la triple, la puissance de la lame vient se briser en flot contre des apports nouveaux venus de l'intérieur en jasant contre des courants intenses; et s'il a existé certainement un moment où la Nivelle affleurait la pointe du Socoa, où ce cours d'eau était navigable et voyait s'établir sur ses deux bords des huttes de pêcheurs, ce moment doit être beaucoup plus reculé que ne l'indique l'érosion moyenne depuis un siècle. Quoi qu'il en soit, il fut un temps, et l'on doit en trouver la trace dans les plus vieilles chroniques, où la rivière de Saint-Jean-de-Luz offrait le seul mouillage pour les navires, où la baie n'existait que comme un marécage s'étendant le long de l'Oncin et de la Nivelle. Ce n'est que par la diminution des eaux douces que la lame a pu acquérir ici une action prépondérante et faire avancer

Mais cet état, peu enviable, n'arrivera précisément pas à cause de la largeur laissée aux passes, et nous comptons, pour maintenir l'équilibre, sur le ressac de mauvais temps et sur des courants énergiques dont nous avons encore en partie la libre disposition.

En 1866, lorsqu'il s'agissait de construire la digue de Socoa, j'avais indiqué l'utilité de laisser une coupure de 30 mètres de largeur par les fonds de 4 mètres pour produire un courant d'une certaine intensité sur les Criquas. Ce courant aurait été aidé par suite de la modification de l'entrée de la Nivelles, qui consistait à rejeter les eaux dans l'Est. On eût ainsi pu déterminer un courant circulaire en sens inverse, assez fort en jasant pour produire le nettoyage des fonds du mouillage par aspiration. Comme complément, il eût été très-utile de supprimer une partie de l'effet des brisants de Sainte-Barbe en construisant sur la pointe une jetée basse.

Ce projet est complet, en ce sens, qu'il rejette les sables sur la plage attaquée, et toutes ses parties concourent au maintien de l'état actuel, mais de graves objections se présentent aussi contre son adoption. On conserve vis-à-vis du mouillage une agitation superficielle gênante, les relations avec le Socoa seront souvent interrompues et le calme du port d'échouage sera compromis.

Ces considérations ont évidemment frappé l'esprit des

sans trêve la plage en détruisant successivement tous les ouvrages mis devant elle.

Dans un autre ordre d'idées, on pourrait se demander à quelle époque la ville actuelle de Saint-Jean devrait disparaître sous l'érosion si l'on n'avait pas exécuté les nouveaux travaux d'Artha et du Socoa. Ici, la période étant plus courte, les prévisions sont plus certaines. En 220 ans, c'est-à-dire vers l'an 2093 de notre ère, il ne resterait plus rien de la ville. L'église aurait disparu avant cette époque. Cette perspective n'était rien moins que séduisante pour les habitants, elle suffit pour prouver l'utilité des travaux actuels et pour engager à en presser l'exécution.

ingénieurs, puisqu'ils ont repoussé toute idée de coupure dans la jetée; cette coupure, du reste, aurait inquiété les marins, et pourtant, en demandant que sa largeur soit portée à 30 mètres, j'avais pris un *minimum*, car la solution meilleure eût été de laisser au niveau du sol des ouvertures d'une surface égale au plein de la maçonnerie, et cela jusqu'aux fonds de 4 mètres.

La digue du Socoa, étant construite pleine, a créé dans le petit port du Socoa une tranquillité précieuse; mais pour que la baie de l'Ouest ne continue pas à se combler comme elle le fait actuellement, pour qu'il y ait un équilibre stable, il faut profiter du courant déterminé par la construction de la jetée, courant direct dont nous avons constaté l'énergie en mauvais temps, et l'accélérer encore quels qu'en fussent être les inconvénients. L'avant-projet des dispositions qui peuvent être prises pour cela se trouve teinté en rouge sur le même plan (fig. 1, Pl. 7).

On voit que la Nivelle s'y termine par une portion courbe qui rejette ses eaux dans l'Ouest, courbure indiquée à la fois par le sens du courant sur la plage et par la direction de la lame. (Le courant de jusant des eaux de la Nivelle doit être aussi incliné que possible sur la direction de la lame pour arriver au *maximum* de profondeur à l'embouchure, conformément à la loi que nous avons indiquée il y a quelques années.)

Comme, d'autre part, il n'y a pas ici intérêt à faciliter le cheminement des sables le long de la plage, on ne laissera aucune ouverture à l'enracinement de la jetée (*).

Je passe sous silence les dispositions qui pourraient être prises pour donner aux navires, dans l'intérieur de la Nivelle, toutes les facilités réclamées aujourd'hui par le com-

(*) On pourrait reporter plus dans l'est l'embouchure de la Nivelle et obtenir ainsi de meilleures conditions, mais ce projet deviendrait beaucoup plus dispendieux.

merce, bassins à flot, etc.; les pas, mais ce serait trop m'écaquer de parler de travaux dont près la sécurité de la rade.

En poursuivant notre examen en présence de la plage de Sai attaquée dans les conditions à être se trouver de nouveau exp du courant circulaire.

Nous ne pensons pas que le péril soit grand. La Nive une fois déviée, ne donnera en jasant qu'une surface devant battre et ronger Bordagain avant former ou d'agir sur les parties inférieures près la plage; mais la sortie des eaux douces se faisant de la ligne des basses mers et à fortiori de ces marées, l'entraînement sera de toutes façons p En tout cas, il faut compter sur la protection le seuil de garantie. Si l'efficacité de ce seuil est nulle vis-à-vis des érosions dues aux grande atteignent les courbes de 6 mètres, il en sera ment au niveau des basses mers, une fois que d'Artha seront suffisamment avancés; on peut mettre que la mer calmée pourra venir baigner ce seuil et que le courant y trouvera un obstacle montable. Ce seuil de garantie, disons-le en p rite bien son nom, non-seulement parce qu comme tous les travaux de ce genre, un obstacle vahissement du sable, mais aussi parce que, depuis pêtes, il protège les maisons placées derrière h qui certainement eussent été depuis longtemps si la mer eût battu directement leur pied en s' passage au sommet de la dune, et eût lancé dans de la ville des torrents d'eau.

Pour en revenir à la plage, la partie située en tal et les bains sera, comme nous l'avons indiqué, encore

exposée après l'achèvement partiel ou définitif de la digue d'Artha, et l'érosion pourra être assez dommageable pour qu'il y ait intérêt à la combattre. Mais la construction d'une digue sur la plage même serait beaucoup plus coûteuse que si elle était faite sur le plateau de Sainte-Barbe, avec les matériaux de l'ancienne digue (du Socoa) qui sont aujourd'hui à pied d'œuvre en dedans de la pointe. Cet épi aurait d'ailleurs une inclinaison calculée, non pour détruire le courant circulaire, mais pour le diriger parallèlement à la côte.

Il nous reste enfin à dire quelques mots du Socoa qui conservera toujours, quoi qu'il arrive, une importance sérieuse. Un port, fût-il d'échouage, lorsqu'on y trouve un repos absolu, rend toujours de grands services. Les inconvénients qui se présentent aujourd'hui tiennent, d'un côté à son étroitesse et de l'autre à l'accumulation des vases qui commence à s'y élever rapidement. Si le fond, de détestable, y est devenu excellent, il monte en revanche trop vite; mais ces désavantages peuvent être combattus facilement.

On peut doubler, cela va sans dire, la grandeur actuelle du port en reportant la digue du Sud au large, sans presque en augmenter la longueur. Mais ce travail serait incomplet si les fonds diminuaient chaque année dans l'intérieur. Le procédé dont on peut user pour y remédier consiste soit à faire déboucher l'Oncin dans le petit port (*), ce qui offrirait aujourd'hui peu de difficultés, soit à emmagasiner, dans la partie Nord du port et à haute marée au moyen d'une coupure éclusée donnant sur la mer du large, une quantité d'eau suffisante pour provoquer à marée basse des chasses dans les différentes parties du port.

En résumé, le grand travail en cours d'exécution a répondu pleinement aux espérances qui avaient été conçues.

(*) Cette dérivation a été proposée au siècle dernier.

est point terr
 dans la baie
 du Socoa redc
 onquis un cal
 t-Jean est à m
 avec prudence

er l'état d'équilibre qui aura été conquis. C'est à on

N° 20

LE CANAL DE L'EST.

NOTE

Par M. MALEZIEUX, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Parmi les travaux publics que l'État a entrepris dans ces années et qui attestent le mieux que la France ne pas sous le poids des difficultés qu'elle traverse, voyons-nous, citer au premier rang le canal de la ligne navigable de 500 kilomètres de longueur écuté dans les conditions prévues par la loi du 24 mars 1874 (*). Commencée en 1874, elle présentait avant la fin de 1875, sur les 65 millions qu'elle doit coûter, 14 millions de dépenses faites, 13 millions de travaux adjugés et 13 millions à l'état de projets définitifs. On peut en parler dans un recueil qui a pour but principal de résumer des faits accomplis. Nous indiquerons succinctement en quoi consiste cette œuvre de entreprise et quelle suite a reçue l'intéressante commission financière par laquelle la loi de 1874 en a assuré l'exécution.

I. — RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES.

Origine du projet. — Quand le traité de Francfort eut cédé au territoire français une partie du canal de la Moselle au Rhin et du canal du Rhône au Rhin, l'Adminis-

Voir *Annales (Lois, décrets, etc.)*, 1874, p. 486.

Annales des P. et Ch. MÉMOIRES. — TOME XI.

MÉMOIRE

ion se préoccupa, qu'alors, d'établir le bassin du Rhône et la vallée de la Moselle l'ancienne le doublement située sur le territoire national. Des 1871, quand l'abattement de la défaite était encore, une décision ministérielle prescrivait la jonction par la Moselle. C'est celle qui a été.

La mutilation du territoire avait eu une autre conséquence sur le réseau des voies navigables et par suite sur l'industrie de l'Est. Dès avant la guerre, les établissements de la Lorraine étaient dans la dépendance des houillères prussiennes; et, bien qu'on eût récemment fait des plus louables efforts, découvert dans le département de la Moselle, en prolongement des couches de Sarre, des gisements placés en dehors de la domination allemande, les ingénieurs étaient en train d'étudier, par le département de la Meuse, une jonction entre la basse Meuse, entre le bassin minier de Namur et le bassin houiller de la Belgique. Or, ce projet devenait irréalisable à travers un pays perdu pour nous; il y avait à y pourvoir par une autre direction, en créant une nouvelle frontière : elle était tout indiquée par la Meuse qui, de Givet, remonte vers Mézières, Sedan, Lun, Commercy, jusqu'à la prairie de Pagny, et la Marne au Rhin passe par-dessus la rivière. Il s'agit, en achevant de canaliser la Meuse de Givet à Troussey, de Sorcy à Troussey, par une branche reliant la rivière et le canal, on aura réalisé le réseau dont l'étude a été prescrite par une décision ministérielle du 7 août 1871 : les houilles belges, en passant par le canal de la Marne au Rhin, arriveront directement à Toul et à Nancy.



re ces deux lignes, de Givet à Troussey et de Toul à Reims, il y avait une connexité naturelle; le canal de la Marne au Rhin formait, de Troussey à Toul, un trait d'union de 114 kilomètres; on a donné le nom de *Canal de l'Est* à ce canal navigable de Givet à Port-sur-Saône.

not. — Revenons un peu sur l'ensemble du tracé (*). On veut améliorer la Meuse (à l'aide de barrages à fermettes et dérivations échusées) depuis Givet jusqu'au canal de la Marne au Rhin, savoir :

Meuse en aval de Sedan, sur une longueur de 114 kilom.
Meuse entre Sedan et Troussey, sur. 163 —

Total. 277 kilom.

La grande ligne empruntera, comme nous l'avons vu, de Troussey à Toul, le canal de la Marne au Rhin, dont elle franchira le mouillage de 1^m,60 à 2 mètres.

Cet exhaussement du mouillage s'étendra d'ailleurs au-delà de Toul, jusqu'à Jarville, extrémité orientale du grand canal de Nancy, soit en totalité sur 60 kilomètres, entre le village de Void et le village de Jarville.

La Moselle est déjà canalisée de Toul à Pont-Saint-Vincent (confluent du Madon), sur une longueur de 22 kilom. On prolongera la canalisation jusqu'au-dessous de Toul, à 3 kilomètres en aval d'Épinal, sur une longueur de. 60 —

Total. 82 kilom.

Après avoir franchi le point de partage qui, s'infléchissant vers le sud-ouest à partir de Golbey, monte de 100 mètres vers le faite des Vosges, le franchira sans doute au-dessus du village de Giraucourt, redescendra en franchissant le Coney, puis, empruntant la Saône canalisée,

* Voir la Pl. 9.

aboutira finalement à Port-sur-Saône, après un parcours de 100 kilomètres.

La distance de Givet à Port-sur-Saône est ainsi de 480 kilomètres.

Deux embranchements à construire, l'un entre Messin et Jarville, de la vallée de la Moselle à celle de la Meurthe, l'autre entre Golbey et Épinal, complètent la longueur totale de 500 kilomètres environ.

Port-sur-Saône serait en ce moment une impasse. Mais, par la loi du 24 mars 1874, l'État s'est engagé à « terminer « dans la même période de temps (c'est-à-dire de 1874 à « 1882) les travaux en cours d'exécution sur la Saône, afin « de mettre cette rivière en état de recevoir la batellerie de « la nouvelle voie navigable », travaux estimés 9 millions.

Si l'on continue de descendre à partir de Port-sur-Saône on rencontre Gray, puis Saint-Symphorien, embouchure du canal du Rhône au Rhin. De Toul à Saint-Symphorien il y a, par Strasbourg et Mulhouse, 502 kilomètres et 241 écluses; il y aura, par le canal de l'Est, 532 kilomètres et 118 écluses, soit, en comptant une écluse pour un kilomètre, un raccourcissement de 63 p. 100. De Givet à Saint-Symphorien, il y aura, par l'Alsace, 798 kilomètres avec 315 écluses et, par le canal de l'Est, 628 kilomètres avec 192 écluses, soit un raccourcissement de 34 1/2 p. 100. Ces différences de parcours expliquent que des conseils généraux tels que ceux de la Côte-d'Or, du Rhône, du Gard, des Bouches-du-Rhône, étrangers aux localités traversées, aient acclamé le projet du canal de l'Est; c'est, à leurs yeux, la jonction de Lyon et de Marseille avec Liège et Anvers, de la Méditerranée avec la mer du Nord.

Profil en long. — Le grand bief dit de la Meuse ou de Pagny, par lequel le canal de la Marne au Rhin (*) passe sans écluses du bassin de la Meuse dans celui de la Moselle,

(*) Voir le profil en long que nous en avons donné naguère dans

NAL DE L'EST.

quée naturelle qu
e la Moselle de l
mera bief de pa

de l'est. Il est à 140 mètres au-dessus de
lres au-dessus de Toul. Toul et Port-sur-S
ment à la même altitude. Le bief de part
est projeté à 154 mètres plus haut, à l'al
tres (*).

Les écluses auront généralement 3 mè

Profil en travers. — Le canal de
savoir :

1° Dans les parties en canal propreme

	Millions.
Basse Meuse : 114 kilom. à 101.000 francs.	11 1/2
Haute Meuse : 163 kilom. à 117.000 francs.	19
Amélioration du canal de la Marne au Rhin : 20 kilom. à 112.500 francs.	2 1/4
Canal de la Moselle à la Saône (*) : 180 kil. à 179.000 francs.	32 1/2
Total.	65

soit en moyenne 137.000 francs par kilomètre.

Trafic présumé. — Une évaluation par sections, consignée dans le rapport de la Commission de l'Assemblée nationale, porte le trafic probable du canal de l'Est à 46 millions de tonnes kilométriques, ce qui revient à un million de tonnes transportées à la distance entière. Néanmoins on n'a compté que moitié environ, soit 460.000 tonnes, dans les calculs qui ont servi de bases à la combinaison financière dont nous parlerons ci-après (**).

On s'attend à ce que les houilles belges entrent en France par le canal de l'Est en quantité presque égale à celles qui entrent par le canal de la Sambre à l'Oise. Elles pourront aller faire concurrence jusque dans la Haute-Saône aux houilles de la Loire. Mais c'est principalement vers Nancy qu'elles se porteront, vers ce riche bassin qui renverra en échange ses minerais de fer surtout, sans compter la fonte et les produits des belles salines des environs de Saint-Nicolas. Dans le même mouvement de retour seront compris les bois, les pierres de taille et les céréales.

1874, par M. Krantz, au nom de la Commission d'enquête des chemins de fer et autres voies de transport, commission à laquelle avait été renvoyé le projet de loi relatif au canal de l'Est.

(*) Non compris la portion de Toul à Pont-Saint-Vincent, mais y compris les embranchements de Nancy et d'Épinal.

(**) D'après des renseignements qu'a bien voulu nous donner l'ingénieur en chef du canal de la Marne au Rhin (M. Volmerange), le trafic moyen de ce canal, que le traité de 1871 a si malheureusement coupé en deux, s'est encore élevé à 516.000 tonnes en 1875.

AL DE L'EST.

se, les bois et les ard

entre les bassins de
bien défini. Ce que
la Bourgogne vena
de construction dan
es rives de la Mosel

Une circonstance particulière à noter ici, c'est que les transports ne semblent pas devoir être beaucoup plus élevés dans un sens que dans l'autre : le canal de l'Est est heureuse au point de vue du prix de revient des transports du péage, ne dépassera peut-être pas 1 franc par tonne et par kilomètre (*).

II. — RENSEIGNEMENTS FINANCIERS.

Coûts et moyens. — On ne pouvait songer, ni en 1874, à demander au budget de l'État les sommes nécessaires à l'exécution du canal de l'Est, tant qu'il se construisait dans un délai, et, de huit années au plus. On recourut à un emprunt, et dans des temps plus heureux de créer le canal des houillères de la Sambre de Vitry à Saint-Dizier(**), la canalisation de la Moselle(***), etc., moyen consistant à avancer les travaux, qui les rembourse, avec les intérêts à 4

*) Sur les lignes navigables de Paris à la frontière suisse, on estime que 4 bateaux sur 5 retournent complètement vides, relativement au prix de revient des transports. — Voir, au Nord, une publication récente et justement recommandée par M. L. Molinos, ingénieur civil : *la Navigation intérieure, son état actuel, son avenir.* — Paris, J. Baudouin.

**) Loi du 20 mai 1860 (*Annales* 1860, p. 364).

***) Loi du 15 avril 1865 (*Annales* 1865, p. 155).

****) Loi du 31 juillet 1867 (*Annales* 1867, p. 492).

« des taux de l'intérêt, ainsi que les frais relatifs à l'emprunt et généralement tous autres frais accessoires » ;
2° qu'elle ne pourrait, en aucun cas, se prolonger au delà de 28 ans à partir du 1^{er} janvier qui suivra l'achèvement des travaux. — C'est dans ces termes que le péage a été autorisé par la loi de 1874. Il comprendra d'ailleurs les droits de navigation, dont l'État a fait abandon pour toute la durée de l'amortissement, c'est-à-dire pour la période de 1882 à 1902.

Il nous reste à faire connaître ce qui est advenu pour l'emprunt et pour la garantie.

Emprunt. — Par un traité signé le 25 décembre 1874, le Crédit foncier de France, — seul en nom, mais assisté de huit autres établissements de crédit (le Crédit industriel et commercial, la Société de dépôts et comptes courants, etc.), — s'est engagé à verser au trésor public, pour le compte de la commission syndicale, à des échéances fixées pour chaque versement partiel et échelonnées du 1^{er} janvier 1875 au 15 novembre 1881, la somme totale de 65 millions. Le mode de remboursement stipulé, à la charge du syndicat, est tel que, tous comptes faits, l'emprunt correspond à un taux d'intérêt de 5,87 p. 100. La limite imposée par la loi de 1874 a donc été observée. M. le président de la commission interdépartementale ajoute, dans un de ses rapports aux cinq conseils généraux, que si l'on déduit les charges correspondantes aux impôts et aux frais accessoires (lesquelles sont évaluées à 0,49 p. 100), le taux net de l'emprunt ressort à 5,38.

Il serait sans intérêt de dire ici que, pour faire face (notamment) aux engagements à terme qu'il venait de prendre vis-à-vis du syndicat, le Crédit foncier a émis, les 5 et 6 janvier 1875, au prix de 452^f,50 l'une, 200.000 obligations rapportant 20 francs d'intérêt annuel et prenant part annuellement à quatre tirages dont chacun comprend

possibles, se sont le plus résolûment mises en

garantie consiste à parfaire, s'il y a lieu, le produit
 ment attendu du péage, durant les vingt années de
 sement. Or, ce produit est de $0^f,005 \times 460.000^f =$
 par kilomètre, ou $2.300^f. \times 500 \text{ kil.} = 1.150.000^f.$
 canal entier. En supposant, comme le syndicat l'a
 ord, la garantie divisée en 500 parts, le risque
 à chacune d'elles, pour chacune des vingt années,
 le 2.300 francs au maximum, puisque cela suppose
 produit du péage. Mais le nombre des garants s'élève
 d'aujourd'hui à 1895, et le risque maximum se trouve
 énormément réduit à $2.300 \text{ fr.} \times \frac{500}{1895} = 607 \text{ fr.}$

au mode de répartition des parts de garantie, par
 départements et par industries, il est indiqué dans le
 tableau suivant :

Totaux. . . .	605	609	88	51	55	93	84	52	93	171	1.895
---------------	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-------

La liste de souscription reste ouverte d'ailleurs, et l'on
 ne doute pas que d'autres noms honorables viennent s'ins-
 crire sur ce « Livre d'or » de la région de l'Est.

icat
ions
nt i
.
suit
d'e
d'ea
. Fr
hary
nier
x r
ravi
ava
per
de 5
vert
iod
cas

a de
le c
lit
en l
Les
e si
ert.
. sui

20
era
té c
e so

, le produit garanti d'un péage de
de 460.000 tonnes et un parcours

le 1902 à 1909, pendant laquelle
plus rien de l'État, mais percevra
ge, s'il ne se trouve pas déjà in-
il continuera d'ailleurs à verser
francs au Crédit foncier s'il n'a
usement par anticipation.

icat est garanti contre toute perte
par 1895 signatures d'une solvabilité bien constatée, si-

RES
.
0,00
7,00
0,00
3,39
0,00
0,00
3,39

portant sur (A) et (B) des divisions proportionnelles; et si les dernières droites sont parallèles, les droites joignant les positions correspondantes des deux points mobiles concourent en un même point dont les distances à (A) et à (B) sont dans un rapport égal à $-\frac{\beta}{\alpha}$.

En effet, de la relation (1) on tire

$$\alpha\left(x - \frac{\gamma}{\alpha}\right) + \beta y = 0;$$

$$(2) \quad \frac{x - \frac{\gamma}{\alpha}}{y} = -\frac{\beta}{\alpha}.$$

Sur la droite (A) ou Ax , prenons à partir de l'origine A un segment $AA_1 = \frac{\gamma}{\alpha}$. En portant sur (A) et (B) respectivement deux longueurs $x = AM$, $y = BN$, vérifiant la relation (2), on a évidemment

$$x - \frac{\gamma}{\alpha} = -A_1M,$$

et la relation (2) peut s'écrire

$$\frac{A_1M}{BN} = -\frac{\beta}{\alpha}.$$

Or, si les droites (A) et (B) sont parallèles, M et N sont constamment sur ces droites, à partir des points A et B, des segments proportionnels; d'où il résulte, par vertu d'un théorème de géométrie élémentaire, que la droite MN rencontre A_1B en un point fixe, ou, d'autres termes que la droite reliant constamment deux points mobiles, pivote autour d'un point fixe.

On peut aussi, en portant sur (A) et (B) des divisions proportionnelles, et en joignant les points correspondants, obtenir une droite qui pivote autour d'un point fixe.

—

POUTRE A PLUSIEURS TRAVÉES SO

Les rapports ρ sont par suite les rédui
la fraction continue

$$4 - \frac{1}{4 - \frac{1}{4 - \frac{1}{4 - \frac{1}{4 - \frac{1}{4 \dots}}}}}$$

dont la valeur-limite est égale à $2 + \sqrt{3} =$

Cette fraction continue se rencontre fi
la théorie des poutres à plusieurs travées

CHAPITRE II.

MÉTHODE DIRECTE PUREMENT GRAI

Avant d'exposer cette deuxième méth
ons, à titre de lemme, le théorème s
gues, et bien connu d'ailleurs.

Théorème. — Si les côtés de deux tria
même plan, concourent deux à deu
és en ligne droite, les droites joign
deux triangles concourent en un mên
Réciproquement, lorsque deux triang
un même plan, de telle façon que les
sommets de ces triangles chacun à cl
un même point, les points de rencont
pondants sont en ligne droite.

Traduction géométrique du théorème des
Collignon (*) a déduit de la relation :

(*) *Théorie élémentaire des poutres droites*,
Résistance des matériaux, 1^{re} partie, p. 254.

MÉMOIRES E

ments fléchissants sur
un géométrique que no
usage dans ce qui va
sidérons la relation

$$\mu_{i-1} + 2(l_i + l_{i+1})\mu_i + l_{i+1}$$

les moments fléchissa
ruisons, à une échelle c
données $A_{i-1}M_{i-1}$, A_iM_i ,
fléchissants μ_{i-1} , μ_i , μ_{i+1}
leur égale à elle-même
a immédiatement

$$M_{i-1}M'_iA_i + \text{Trap. } A_iM_i$$

$$\frac{M'_i + A_{i+1}M_{i+1}}{2} A_{i+1}A_i =$$

$$[l_i\mu_{i-1} + 2(l_i + l_{i+1})\mu_i + l_{i+1}]$$

ient G_i et G_{i+1} les poin
 G_{i+1} élevées sur les mili
outrent respectivemen
oints où G_iG_{i+1} renco
 H_{i+1} . On a

$$A_{i-1}N_{i-1}N_{i+1}A_{i+1} = \text{Trap.}$$

r suite, en vertu des è

$$\text{Trap. } A_{i-1}N_{i-1}N_{i+1}A_{i+1}$$

ir les verticales des po

$$B_iP_i = \frac{1}{8} p_i l_i^3,$$

droite P_iP_{i+1} , prolong

TRAVÉES SOLIDES

$M_{i-1}, A_{i+1}M_i$
ont l'aire est égale

$$B_i P_i \times l_i + B_{i+1} P_{i+1} \times l_{i+1} = \frac{1}{8} p_i l_i^3 +$$

Les deux trapèzes $A_{i-1}N_{i-1}N_{i+1}A_{i+1}$ et $A_{i-1}C_i$ sont par suite équivalents, et comme ils ont pour bases communes $A_{i-1}A_{i+1}$, ils interceptent la même longueur sur la droite menée à égale distance des bases; autrement dit, la perpendiculaire menée par le point de rencontre H_i de N_{i-1} et N_{i+1} tombe au milieu de $A_{i-1}A_{i+1}$. Par suite, pour trouver le point H_i , il suffira d'élever en C_i

une verticale, et d'en prendre le milieu $P_i P_{i+1}$. De là résulte, ainsi qu'on le verra, un moyen de construire géométriquement les moments fléchissants sur les divers appuis des travées, lorsqu'on a préalablement déterminé le moment fléchissant sur le deuxième appui.

Soient, supposons μ_{i-1} et μ_i connus, les moments M_{i-1} , M_i et par suite M'_i , construits. La droite verticale passant par M'_i rencontrera en un point G_i la verticale passant par le milieu de la i^{me} travée. La droite $M'_i G_i$, construite comme nous l'avons indiquée, rencontrera la verticale de B_{i+1} en G_{i+1} ; ce dernier point G_{i+1} , on aura une droite coupant la verticale de B_{i+1} en un point M_{i+1} tel que $A_{i+1}M_{i+1}$ soit la moitié de $A_{i+1}B_{i+1}$. Soient μ_{i-1} et μ_i , on obtiendra facilement le moment μ_{i+1} par une construction géométrique. Si donc on a déterminé les moments μ_1 et μ_2 , on pourra déterminer successivement tous les moments μ_n sur le $n + 1^{me}$ appui, qui devra être vérifié par le calcul ou par tout autre moyen.

Soient μ_1 et μ_2 connus, les moments M_1 , M_2 et par suite M'_2 , construits. La droite verticale passant par M'_2 rencontrera en un point G_2 la verticale passant par le milieu de la 2^{me} travée. La droite $M'_2 G_2$, construite comme nous l'avons indiquée, rencontrera la verticale de B_3 en G_3 ; ce dernier point G_3 , on aura une droite coupant la verticale de B_3 en un point M_3 tel que A_3M_3 soit la moitié de A_3B_3 . Soient μ_1 et μ_2 , on obtiendra facilement le moment μ_3 par une construction géométrique. Si donc on a déterminé les moments μ_1 et μ_2 , on pourra déterminer successivement tous les moments μ_n sur le $n + 1^{me}$ appui, qui devra être vérifié par le calcul ou par tout autre moyen.

TRAVÉES S

à même r
même man

des droite

M_{i+1} piv
es si, laiss
varier μ_i .

, détermin
stitutions d

$\mu_i = \frac{1}{2} \mu_{i-1}$; il vient

$$\alpha \mu'_{i-1} + 2\beta \mu_i = 2\gamma.$$

· suite, toujours en vertu du mêm
 M_i pivote autour d'un point J_i , con
s des points A_i et A_{i-1} , et dont l
s sont dans un rapport égal à $\frac{\alpha}{2\beta}$;
t par F_i le pied de la verticale du

$$A_{i-1}F_i = \frac{l_i}{1 + \frac{1}{2} \rho_{i-1}}.$$

· construira pareillement les vertica
aux autres travées.

· relation entre les pivots I et J de deu

· — Il existe entre le point I d'une
· suivante et le point H relatif à ces
· ion géométrique fort simple : ces t
· droite. Par exemple, pour les i^{de}
· les trois points I_i , H_i et J_{i+1} sont
· effet, considérons le triangle M'_i
· les sommets de ce triangle se dépl
· es, c'est-à-dire sur trois droites qu
· it situé à l'infini. Par suite, en ver
· argues rappelé plus haut, les côtés d

On joint les points P dans l'ordre où ils se succèdent; puis sur le milieu de chaque couple de deux travées consécutives on élève une verticale qui coupe le côté correspondant du contour $P_1P_2\dots P_n$ en un point H . Par exemple, au point G_i milieu de $A_{i-1}A_{i+1}$, on élève une verticale qui coupe P_iP_{i+1} au point H_i . Ayant ainsi construit les points H , on joint A_0H_1 qui rencontre en J_1 la verticale du point F_2 . On prolonge F_2J_1 d'une longueur égale à elle-même jusqu'en J'_1 ; $A_1J'_1$ rencontre la verticale E_2 en un point I_1 . On

I_1 qui rencontre en J_2 la verticale F_3 . On prolonge une longueur égale à elle-même jusqu'en J'_2 ; $A_2J'_2$ rencontre la verticale E_3 en un point I_2 , et ainsi de suite. On finalemment construit le point J_n au-dessus de la vée, on trace A_nJ_n qui rencontre la verticale A_{n-1} au point M'_{n-1} , tel que $A_{n-1}M'_{n-1} = 2\mu_{n-1}$; $M'_{n-1}I_{n-1}$ rencontre la verticale A_{n-2} en un point M_{n-2} tel que $A_{n-2}M_{n-2} = \mu_{n-2}$; et ainsi de suite, cette construction donnant alternativement sur les verticales des appuis les moments fléchissants simples et doublés.

Vérification. — Comme vérification, on pourra, en suivant une marche analogue à la précédente, construire la ligne polygonale $M_{n-1}M'_{n-2}M_{n-3}M'_{n-4}\dots$, qui déterminera comme la ligne $M'_{n-1}M_{n-2}M'_{n-3}M_{n-4}\dots$, les moments alternativement simples et doublés sur les verticales des appuis, mais dans un ordre inverse. Les distances aux appuis correspondants des points M_{n-1} et M'_{n-1} , M_{n-2} et M'_{n-2} , etc., comparées entre elles indiqueront si les constructions sont exactes.

Remarque au sujet des points H. — Dans l'étude d'un projet de pontre droite à plusieurs travées, on doit tenir compte, pour chaque travée, en dehors de son poids propre, de la surcharge fixée par les règlements administratifs, et l'on détermine les moments fléchissants sur les appuis dans les diverses hypothèses qui correspondent aux différentes combinaisons des charges permanentes et des surcharges. Il est bon de remarquer que, quel que soit le nombre

URS TRAVÉES SOL

49 mètres; $l_2 = l_1$
ont

$$\rho_1 = 2 \frac{l_1}{l_2} + 2$$

$$= 0,271,$$

$$\rho_2 = \left(2 - \frac{1}{\rho_1} \right)$$

$$= 0,268,$$

$$\rho_3 = \left(2 - \frac{1}{\rho_2} \right)$$

Les formules (6) et (7) donnent

$$A_1 F_1 = \frac{l_1}{1 + 2\rho_1} = 6^m,98, \quad A_1 F_2 = \frac{l_2}{1 + \frac{1}{\rho_1}}$$

$$A_2 F_1 = \frac{l_1}{1 + 2\rho_2} = 6^m,95, \quad A_2 F_2 = \frac{l_2}{1 + \frac{1}{\rho_2}}$$

$$A_3 F_1 = \frac{l_1}{1 + 2\rho_3} = 5^m,37, \quad A_3 F_2 = \frac{l_2}{1 + \frac{1}{\rho_3}}$$

charges supportées par les travées :

permanente (tablier et voie). 1.200 k. par
mètre d'épreuve. 2.000 k.

En appliquant la formule (8) à chacune
des hypothèses de la charge permanente agissant
(10 kil.) on obtient

$$B_1 p_1 = B_2 p_1 = \frac{1}{8} 1200 \times \overline{49}^2 = 360$$

$$B_1 p_2 = B_2 p_2 = \frac{1}{8} 1200 \times \overline{58,4}^2 = 5$$

M
rm
a s

B₁P

B₃P

ré
es
hy

du
de
sci
am
(*)
ort
on
ulé
pei
, B
ées
r le

A₁
Joi
ux
nts
vi
x t.
H₁
lou
spo

qu
ise,

, dans le cas considéré, coïncide avec A₁.

Ces constructions préliminaires, une fois faites, permettent de construire très-rapidement les moments fléchissants dans une hypothèse quelconque relative aux charges.

Construction des moments fléchissants dans une hypothèse de répartition de charges déterminée. — Supposons, par exemple, les travées n° 1, 2 et 4 surchargées, la travée n° 3 ne portant que sa charge permanente ; on a alors

$$p_1 = p_2 = p_4 = 3.200 \text{ k.}, \quad p_3 = 1.200 \text{ k.}$$

Les points H dont nous devons faire usage sont $H_1, H_1, H, h_2, h_2, H_2$. A cet effet, joignons A_0, H_1, H_1 qui rencontre la verticale F_2 en J_2 ; prolongeons F_2, J_2 d'une longueur égale à elle-même jusqu'en J'_2 . Soit I_2 le point de rencontre de A_1, J'_2 avec la verticale E_2 ; joignons I_2, H, h_2 qui coupe la verticale F_2 en J_2 . Prolongeons F_2, J_2 d'une longueur égale à elle-même jusqu'en J'_2 . Soit I_2 le point de rencontre de A_1, J'_2 avec la verticale E_2 ; joignons I_2, h_2, H_2 qui rencontre la verticale F_2 en J_2 . Prolongeons F_2, J_2 d'une longueur égale à elle-même jusqu'en J'_2 . Soit I_2 le point de rencontre de A_1, J'_2 avec la verticale E_2 . Cela fait, joignons A_1, I_2 qui coupe la verticale A_2 en M_2 , M_2, J_2 qui coupe la verticale A_2 en M'_2 , M'_2, I_2 qui coupe la verticale A_1 en M_1 . A_1, M_1 et A_2, M_2 sont égaux, à l'échelle adoptée, aux moments fléchissants sur les appuis A_1 et A_2 ; A_2, M'_2 est égal au double du moment fléchissant sur l'appui A_2 .

Comme vérification, joignons A_1, J_2 qui rencontre la verticale A_2 en M'_2 , M'_2, I_2 qui rencontre la verticale A_2 en M_2 , M_2, J_2 qui rencontre la verticale A_1 en M'_1 . A_2, M_2 est égal au moment fléchissant sur l'appui A_2 ; A_1, M'_1 et A_2, M'_2 sont respectivement égaux au double des moments fléchissants sur les appuis A_1 et A_2 .

On trouve, en mesurant à l'échelle, les ordonnées représentatives des moments fléchissants

$$\mu_1 = A_1, M_1 = 1.030.000 \text{ k/m.}; \quad \mu_2 = A_2, M_2 = 540.000 \text{ k m.}; \\ \mu_3 = A_3, M_3 = 570.000 \text{ k/m.}$$

avec une erreur inférieure à 10.000 kilogrammètres.

Cette approximation est suffisante dixième de kilogramme près, le fers au droit des appuis.

CHAPITRE

DÉTERMINATION GRAPHIQUE DES ET DES EFFORTS AUX DIVERS POINTS DE

Détermination des moments fléchissants aux divers points de chaque travée. — Lorsque l'on a construit les moments fléchissants sur les appuis d'une poutre, il est facile de déduire graphiquement les moments fléchissants sur les travées. On peut, par exemple, procéder de la manière suivante.

Soient (fig. 8) A_1M_1 et A_2M_2 les ordonnées des moments fléchissants sur les appuis A_1 et A_2 , et que les moments fléchissants aux divers points de la travée soient représentés par les ordonnées d'une parabole qui passe par les points M_1 et M_2 , dont l'axe est vertical et le paramètre est égal à l'inverse de la charge par mètre courant de poutre.

Cette parabole est surabondamment déterminée par ces deux conditions, et il est facile de construire son sommet. L'ordonnée qui représente le moment fléchissant au sommet de la travée.

En effet, désignons par x_1, y_1 les coordonnées du point M_1 , par x_2, y_2 les coordonnées du point M_2 , rapportées à son axe et à sa tangente au sommet. On a

$$y_1^2 = 2px_1,$$

$$y_2^2 = 2px_2.$$

D'où, en retranchant membre à membre,

$$y_2^2 - y_1^2 = 2p(x_2 - x_1),$$

ou bien

$$(y_2 - y_1)(y_2 + y_1) = 2p(x_2 - x_1).$$

Or, $y_2 - y_1 = M'N$, M' étant le second point de rencontre de la parabole avec la perpendiculaire à son axe menée par M_1 ,

$$y_2 + y_1 = M_1N = M'M_2,$$

$$x_2 - x_1 = P_1P_2 = M_2N,$$

On a par suite la proportion

$$\frac{M'N}{2p} = \frac{M_2N}{M'M_2}.$$

De là résulte une construction fort simple de $M'N$. Pour cela rabattons M'' en Q au moyen d'un quart de cercle décrit du point M_1 comme centre. Prenons $QR = 2p$ perpendiculairement à M_1Q , et joignons M_1R . Cette droite rencontre M_1N au point M' cherché. Par le point P_1 , milieu de M_1M' , menons une perpendiculaire à A_1A_2 ; nous avons l'axe de la parabole. Pour avoir le sommet, prenons $P_1S = p$; M_1S est la normale en M , à la parabole, M_1T perpendiculaire à M_1S est la tangente; le milieu O de P_1T est le sommet de la parabole.

Ayant le patron de la parabole, il est alors facile de tracer sur l'épure la courbe représentative des moments fléchissants sur la travée, en y appliquant ce patron de manière que son sommet coïncide avec le point O , que son axe coïncide avec OX , et que son contour passe, comme vérification, par les points M_1 et M_2 (*).

Détermination des efforts tranchants aux divers points d'une même travée. — L'effort tranchant en chaque point

(*) On peut déterminer, à l'aide d'une construction fort simple et bien connue, les points de rencontre de la parabole avec A_1A_2 ,

de la poutre, étant égal à la dérivée du moment fléchissant par rapport à l'abscisse du point considéré, est proportionnel à la tangente trigonométrique de l'angle que fait avec l'axe des appuis la tangente à la parabole représentant les moments fléchissants. On obtient par suite une longueur proportionnelle à la valeur de l'effort tranchant en un point quelconque a de la travée, en menant au point m de la parabole situé sur la verticale de a , une tangente mt à cette courbe, prenant à partir de m , sur une perpendiculaire à l'axe de la parabole, une longueur fixe mb , et menant par b une verticale jusqu'à sa rencontre en c avec mt . La longueur bc est proportionnelle à l'effort tranchant au point a .

Comme d'ailleurs les efforts tranchants aux divers points de la travée sont représentés par les ordonnées d'une ligne droite qui passe par le point L , il suffira de déterminer par la construction que nous venons d'indiquer l'effort tranchant sur l'un des deux appuis; en joignant au point L l'extrémité de l'ordonnée égale à cet effort tranchant, on aura la droite représentative des efforts tranchants aux divers points de la travée considérée.

En résumé, la méthode géométrique que nous avons donnée, pour la construction des moments fléchissants sur les appuis d'une poutre droite, forme le complément de la solution purement graphique du problème qui a pour objet l'étude d'un projet de poutre à plusieurs travées en nombre et de longueurs quelconques.

GÉNÉRALISATION.

On sait, depuis les belles recherches de M. Bresse (*), que le théorème des trois moments subsiste avec une légère modification, lorsque les appuis d'une poutre sont à des

(*) *Cours de mécanique appliquée*, 3^e partie, p. 9 et 12.

EURS TRAVÉES SOLIDAI

nts, et que les travées
d'une manière quelco
nt réparties sur chacu
relation qui lie les

reste le même ; seul
cond membre devient alors une fonction lin
moins complexe des charges supportées par
vées. Si l'on voulait déterminer, dans ce cas,
fléchissants par le calcul, on se trouverait
d'opérations fort longues à effectuer. Les m
phiques que nous avons exposées, et notan
conde, se prêtent au contraire, avec la plus
lité, à la détermination des moments fléchiss
nouveau cas, sans entraîner plus de complicati
que les travées supportent chacune un poids u
réparti.

La 1^{ère} équation est toujours de la forme

$$l_i \mu_{i-1} + 2(l_i + l_{i+1}) \mu_i + l_{i+1} \mu_{i+1} = K$$

Pour appliquer la seconde méthode, il su
struire l'ordonnée $C_i H_i$ à l'aide de la relation

$$C_i H_i = \frac{K_i}{l_i + l_{i+1}}.$$

K_i étant égal à l'expression donnée par M. Bre

26 octobre 1875.

,

—

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

CHRONIQUE.

Avril 1876.

N° 22

EXPOSITION UNIVERSELLE DE PHILADELPHIE.

La *Société américaine des ingénieurs civils* veut exercer, elle aussi, l'hospitalité professionnelle à l'égard des étrangers qui visiteront l'Exposition de Philadelphie; et elle nous adresse par l'organe de son secrétaire, pour la communiquer aux membres du corps des ponts et chaussées, une invitation analogue à celle qu'a fait connaître le dernier numéro des *Annales* (*).

Cette société s'est entendue avec celle des mines pour recevoir ses hôtes le soir, quand l'Exposition sera fermée, dans un local situé au centre de la ville. Elle aura d'ailleurs un bureau dans le palais même de l'Exposition; et ce bureau, comme celui de la Société à New-York, sera à la disposition des ingénieurs étrangers.

Ceux-ci enfin pourront se faire adresser leurs lettres au siège de la Société américaine, soit à New-York, soit à Philadelphie (**).

E. M.

Sifflet automoteur pour locomotive. — Cet appareil imaginé par M. Lartigue, chargé du service électrique sur le chemin de fer du Nord, et M. Forest, sous-chef des études de la voie à la même compagnie, a pour but d'ajouter un signal acoustique au signal à vue pour commander l'arrêt aux mécaniciens, et qui parfois est insuffisant. Il se compose d'un sifflet à vapeur fixé sur la locomotive et dont la soupape est manœuvrée par un levier sous l'action d'un ressort. En temps ordinaire, le levier est maintenu soulevé par un

(*) Cahier de mars, Chronique, p. 385.

(**) L'adresse à New-York est 4, East, Twenty-Third Street.

électro-aimant du système Hughes, et la soupape est fermée : bobine de cet électro-aimant est reliée par un fil isolé à une brosse métallique placée en arrière du foyer, de façon que les brins de la constituant dépassent de quelques centimètres les pièces plus basses de la machine. En avant et à une distance quelconque du signal à vue, est posée sur la voie, une pièce de bois garnie d'une plaque métallique : celle-ci, lorsque le signal est à l'arrêt, se trouve en relation avec une source d'électricité. Lors du passage de la locomotive, la brosse frotte contre cette plaque, le circuit de la pile est fermé et le courant passe dans la bobine de l'électro-aimant : aussitôt le levier obéit à l'action du ressort et le sifflet fonctionne. Le mécanicien en arrête l'action à l'aide d'une manette qui remet le levier au contact de l'aimant.

Le ministre des travaux publics a adressé aux compagnies de chemins de fer une circulaire destinée à appeler l'attention sur cet appareil. Après avoir indiqué que des essais ont été poursuivis sur la ligne de Soissons depuis le mois de mai 1872, et que le système appliqué à 38 machines à voyageurs et à 60 disques à distance, a donné, d'après les rapports des ingénieurs du contrôle, des résultats satisfaisants par tous les temps et à toutes les vitesses, la circulaire reproduit l'opinion de la commission des inventions et des règlements de chemins de fer :

« L'excellence des résultats de l'emploi du sifflet Lartigue
 « Forest autorise à le considérer comme réalisant une très-bonne
 « solution pratique d'un problème de grand intérêt pour l'exploitation des chemins de fer, dont la sécurité est imparfaitement
 « garantie par les signaux purement visuels. Grâce à son emploi
 « tout emplacement sera bon pour l'implantation d'un disque à
 « distance, et il sera possible, sans aucun préjudice pour la sécurité,
 « de placer les disques avancés à une distance invariable des
 « points à couvrir, uniformité qui peut offrir quelques avantages
 « et à laquelle certains ingénieurs attachent du prix. La portée
 « de tout signal, bornée sous le rapport visuel, par les accidents
 « de terrain, par des obstacles naturels ou artificiels, passagers
 « ou permanents, pourra, au moyen d'un fil plus ou moins long,
 « être étendue aussi loin que les circonstances l'exigeront, le signal
 « visuel étant transformé en un signal acoustique d'une
 « efficacité parfaite. »

La commission a en conséquence exprimé l'avis qu'il y avait lieu de porter officiellement à la connaissance des compagnies de chemins de fer ce système, qui permet d'obtenir la solidarité des signaux acoustiques avec les signaux visuels.

Abonnements kilométriques sur le chemin de fer de Lausanne à Echallens. — Dans une communication faite par M. Dumont à la société des Ingénieurs civils, nous trouvons les renseignements suivants sur l'usage des carnets d'abonnement au parcours kilométrique employés en Suisse sur la ligne d'Echallens à Lausanne. Ces carnets servent sur cette ligne pour un parcours quelconque, dans l'une ou l'autre direction : ils contiennent une feuille comprenant 300 petits carrés d'une dimension un peu moindre que celle des timbres-poste et susceptibles de se détacher de la même manière. Le voyageur, en entrant dans le train, annonce à quelle station il veut s'arrêter ; le chef de train détache de la feuille autant de carrés qu'il y a de kilomètres à parcourir et remet en échange au voyageur un billet indiquant le point de départ et le point d'arrivée.

Ces carnets sont vendus au public avec une réduction de 30 p. 100 sur le prix ordinaire.

Le chemin de fer de Lausanne à Echallens sur lequel est appliqué ce mode d'abonnement présente une longueur de 14 kilomètres environ, avec 8 stations : il est à voie étroite, la distance entre les bords intérieurs des boudins des rails est de 1 mètre. (Il n'existe en Suisse qu'une autre ligne à voie étroite, celle de Winkeln à Appenzell.)

Pont de Riga sur la Dūna. — Les *Nouvelles Annales de la Construction* donnent sur ce pont des renseignements dont nous extrayons ce qui suit :

Ce pont est établi sur la Dūna (ou Dvina) au droit de la ville de Riga, capitale de la Livonie russe ; sa longueur totale est de 743^m,71 : il se compose de huit grandes travées de 83 mètres d'ouverture libre et de 86^m,3075 d'axe en axe des piles, plus un grand pont tournant donnant une ouverture libre de 20 mètres en rivière pour le passage des navires, et de l'autre côté une ouverture égale sur le terre-plein des quais.

Les piles en rivière, placées obliquement à l'axe du pont, ont 4^m,87 de largeur à leur base et 3 mètres à la partie supérieure ; leur longueur maxima est de 19^m,59 ; elles sont munies à l'amont de forts brise-glace revêtus en granit dur. Les piles ont été foncées d'après le système qui a été employé au pont de Kehl ; seulement les caissons ne présentaient que deux puits d'extraction ; ces caissons avaient 19^m,59 de longueur, 4^m,877 de largeur et 2^m,435 à 3^m,10 de hauteur. Les tubes d'extraction avaient un

diamètre de 1 mètre. Les p
de 20 mètres.

Le pont est constitué par
hauteur; elles sont formées
0^m,60; la largeur des tablier
comptant l'épaisseur de ces
toirs, 1^m,27, placés en encorb
largeur totale du tablier 13^m

Le poids total des fers empl
logrammes, dont 617.870 pour les caissons et 114.000 pour
plaques de dilatation. La dépense n'a pu être évalué
tement; elle est indiquée comme étant approx
8.308.700 francs, mais cette somme est un minimum

La construction de ce pont a présenté des diffic
outre la force du courant qui est très-rapide, il fa
contre les glaces; pour pouvoir continuer les tra
il a fallu enfermer chaque pile dans une sorte de
à doubles parois entre lesquelles on bourrait de la m
d'épaisseur, et l'intérieur était chauffé à la vap
difficultés, le pont, commencé le 10 mai 1871, a
15 octobre 1872; la construction avait duré un p
sept mois. C.

N° 23

ASSAINISSEMENT DE BERLIN.

Règlements et travaux.

NOTE

Par M. MILLE, inspecteur général des ponts et chaussées.

1. *Exposé.* — Les questions d'assainissement occupent l'attention publique en Allemagne. Pour ne parler que des deux capitales, Vienne, tout en réalisant l'œuvre coûteuse de la rectification du Danube, a obtenu en même temps la distribution des sources pures et fraîches du Semmring ; Berlin, qui est encore dans un état de viabilité déplorable, peut s'élever au niveau de Londres et de Paris, en créant du même coup la distribution d'eau, le drainage et l'irrigation.

2. *La distribution d'eau à Vienne.* — Disons un mot de la distribution de Vienne.

Vienne n'avait jusqu'ici comme ressources que les eaux fétides et impures du Danube, ou les eaux fades et insalubres des puits. Dès 1860 on ouvrait un concours pour l'alimentation en eau potable, et l'on décidait qu'il fallait aller chercher les sources du Semmring à 95 kilomètres de distance, et à 360 mètres d'altitude au-dessus de l'étiage du fleuve. Elles sortent des neiges du Schneeberg, dans un terrain qui appartient à la zone calcaire des Alpes ; les pluies ou les fontes des neiges filtrent dans les fissures, circulent sur des bancs de schiste ardoisier, et arrivent au

jour sous forme de source
Kaiserbrunn, dans la vallée
vient des sapins de Reich
par l'empereur François-J
la seconde est un don du c
ensemble, elles ont une
hydrométrique de 10°. Les
mètres par jour, ce qui ass
habitants un régime de 75
saurait s'imaginer avec qu
dans toutes les maisons et
cées, limpides et pures q
poussière du climat.

5. Assainissement de Be

la transformation de Berlin.

Si l'eau est le premier
Berlin, comme à Londres,
l'humidité et de la pluie ;
l'état actuel de la ville, et l
les travaux en cours d'exé

Berlin, ville toute moderne, commerce au moyen âge, des Frédéric. Sous Frédéric l'Édit de Nantes et de l'arr français (1686), elle n'av siècle après, à la mort du 1 comptait déjà 114.000; elle et en 1871 le dénombremen faudrait dire un million auj

Bâti dans une plaine de rivière faible et lente qui par l'Elbe, Berlin a une étendue lement sont couverts de composée sur la rive droite, es reconstruit depuis peu avec

NISSEMENT DE BE

s. La ville nouve
xe le boulevard
e avenue de 50
ngueur, plantée
ence à l'est, ar
âteau fort; elle
; arc de triomph
Thiergarten, du
asins de luxe se
des Tilleuls. En
Louvre, à Paris,

Un peu plus loin l'Opéra, puis l'Un
l'ancien palais du prince Henri
nt, par des percements à angle
du sud au nord, de la gare de D
e Hambourg et Cologne. Ce qu
éateur, Friederickstadt, la cité
artères de mouvement Frieder
ins et des affaires, et Wilhel
ministères, des hôtels de la noblesse

rg, en descendant à gau
t appeler le *Westend*, l
ces presque anglaises, de
trages, garnis de feuilla
e décorent des plantes
familles riches. Berlin
les monuments du bou
habitudes, du climat de L
e ces accroissements rap
rue de l'assainissement,
es, ont des pompes de
provisionnement d'eau
appe des sables, quoiqu
e les eaux de la Sprée,
aussées sont bordées, ré

gereuses par des fossés q
 deur, parce qu'ils remplis
 collecteurs, et qu'ils doive
 de la Sprée le drainage
 fossés, on les passe sur des
 ches; on franchit un reve
 dans les maisons, où la d
 comme à Vienne d'ailleurs.
 sortent des toitures et de
 ouvert. Les latrines tombe
 fosses à vidanges. Et la Spr
 vement, déjà salie par la
 de briques, de marchand
 tout sur son parcours les cl

Un tel état de choses ne
 nait et depuis vingt ans on
 ration. Que fallait-il faire ?
 et exécuter la transformati
 gne, Hambourg, Dantzig,
 solutions d'assainissement
 fois, le projet de la capi
 M. Hobrecht, qui avait bea
 trouva, pour l'appuyer, le
 premier bourgmestre, c'est

4. *Principes d'assainisse*
 mis en lumière dès 1851 p
of health, écrit sous l'inspi
 sistent dans la circulation
 au sol. Il faut l'eau vive, a
 bitation, travaillant en abo
 le dit si bien M. Belgrand,
 sine, au water-closet, puis
 les débris, toutes les ordu
 point d'appui de la salubri
 vidanges, laissant se corre

ies par un courant froid. sortiraient de sans répandre d'odeur. La maison nme le sont les terrains de cultures, ntre les eaux stagnantes. La rue aussi it ces branches qui deviennent des t un tronc commun, à un collecteur, le tomber dans la rivière et de l'in- s habitants vivent, dont il faut res- t. C'est au sol à recevoir des liquides, comme le fumier lui-même, et qui, euvent par la culture profonde et les ntrer sans danger dans le cercle de la vie. Ainsi les quatre éléments des anciens, l'air, l'eau, la terre, le soleil, agissant par la circulation sur la matière organisée, voilà les principes certains de l'assainissement.

5. *Règlements sur l'assainissement des habitations.* — L'application a d'abord été fixée par les règlements. Aux termes de l'ordonnance de police du 14 juillet 1874, dès que la canalisation souterraine existe dans une rue et un quartier, tout propriétaire est tenu de joindre son immeuble l'égout public par un drain de 0^m,16. Ce drain servira à l'écoulement des eaux pluviales et ménagères, comme à la *water closets*; mais il est interdit, à raison du diamètre de 0^m,16, aux débris solides, restes de cendres de foyers, immondices. Plus de fosse à l'intérieur de la maison : elles seront supprimées, le water-closet étant l'organe unique. Plus d'écoulements à ciel ouvert dans les rues, plus de fossés profonds qu'on franchit à cheval; le revers doit devenir un trottoir, arrêté par un rebord en granit contre une chaussée à faible bombement en angle droit.

Un délai de six semaines après notification régulière, le propriétaire doit présenter le projet de drainage de son immeuble, rédigé d'après des prescriptions formulées par l'ordonnance de police du 8 août 1875. Comme précaution,

le tuyau de descente des eaux
un appareil à siphon, pour
toitures. L'évier de cuisine
de l'habitation sera protégé
air de l'égout par un siphon
visite en avant.

Le règlement du maire,
ces dispositions. Il impose
ville : car la ville devra
créé en amont par une co
bution des eaux des sables
se faire dans le délai de si
le propriétaire n'obéit pas
comme le drainage doit
délais réglementaires sont

Le même arrêté indique
le mode de recouvrement
propriétaire travaille chez
ble, l'administration trava
même plus loin : elle se
du mur de façade le siphon
comme garanties au dépa
outre, les agents ont pe
habitation pour s'assurer
l'autorité sont observées :
l'amende et même la pris

Quant aux dépenses à
de deux sortes. Les trava
culiers sont réglés aux p
vaux de la canalisation, d
comportent un travail d'e
chaque immeuble rattache
proportionnelle de la dép
le compte d'intérêts et
ajoute les frais d'entretien, et l'on opère la ventilation par

. de répartition sont affichés avant : l'acquittement doit se faire en nature de contributions publiques, on a le recours devant le Con-

d'eau et le drainage sont obligés : ne peut s'y soustraire, dès que le quartier la canalisation souterraine, mais proportionnelle. Elle d-

couvrir tous les frais de l'opération, en répartissant les charges sur l'ensemble des immeubles qui jouissent des avantages d'une salubrité supérieure. C'est presque la loi de dessèchement.

6. *Canalisation des voies publiques.* — Puisque l'habitation privée est tenue à la salubrité par l'expulsion immédiate et souterraine des eaux ou des résidus liquides, même charge incombe aux voies publiques.

Ici, la solution consiste à reporter en sous-sol les lignes d'écoulement existant à ciel ouvert sur les revers et le lo des chaussées. Des drains doubles et parallèles répondant aux alignements des trottoirs, se joindront aux carrefours pour se verser dans un égout qui rassemblera leurs eaux pour les porter au collecteur. Ainsi trois réseaux : le réseau primaire, formé par des tuyaux en poterie de 0^m,22 de diamètre, circule en double par toutes les rues; le réseau secondaire, constituant les rameaux, est formé par des tuyaux de grès de 0^m,45, ou des égouts de briques à type ovoïde réglés à 2/3, c'est-à-dire que l'ouverture a les 2/3 de la hauteur, qu'il y a 0^m,80 aux naissances quand il y a 1^m, entre le radier et la clef; enfin, les artères de 1^{er} ordre les collecteurs figurant les troncs, sont encore des galeries ovoïdes en briques, aux diamètres de 1^m,33/2^m,00, et admettent facilement la visite.

Les eaux des rues descendent aux égouts par des grilles à puisard, où tombent les débris solides, et d'où s'écha-

pent par siphonnement les li regards, sur le parcours des daires, des trous d'hommes a la ventilation naturelle dans l

Les collecteurs peuvent-il racine dans un émissaire unig ou les livrerait aux machines est situé presque de niveau d est partout près du sol, comm ville dans la plaine de Gennev sans rencontrer l'eau bientôt. l'assainissement par arrondiss leur usine, leur puissance d'

7. *Service des machines.* — nous dit, de 2.560 hectares, 1 partenant à la rive droite, et f et 960 hectares appartenant trois arrondissements. Il y 1 population, à peu près 400.0 Mais la densité la plus gra (240 hectares), dans le quai sins, des hôtels, des minist minés, et leur mise en servic teurs, descendant de la porte de Leipzig, amènent le flot ment, à une machine de 360 du Midi, près la station du avant de la galerie d'aspirat grand puits circulaire de 12 par une claire-voie de filtra précaution contre l'introduc duites, où l'on ne veut adr machines sont horizontales haute pression et à double e multiples. Car il s'agit d'obu

mètres de distance et à 21 mètres de hauteur au-dessus du niveau d'aspiration, c'est-à-dire qu'en tenant compte du volume à transporter, il faut travailler en service forcé à quatre atmosphères. La voie de refoulement est une double conduite en métal de 1 mètre et 0^m,75 de diamètre, destinée à porter jusqu'à Marienfelder le tribut des trois usines de la rive gauche. Elle débouche aux points hauts d'un domaine de 824 hectares, qu'on va soumettre à la culture des légumes, des racines, et des plantes fourragères, déjà essayée avec succès au Thiergarten. Sur la rive gauche mêmes dispositions; les deux arrondissements ont chacun une usine et une conduite spéciale de 1 mètre de diamètre laquelle aborde par les deux extrémités le domaine de Falkenberg, de 736 hectares d'étendue, à 13 kilomètre de distance et à 30 mètres de hauteur au-dessus du niveau d'aspiration. De ce côté c'est un service à cinq atmosphères. Cinq machines de 400 chevaux environ s'attribuent donc le parti divers d'un drainage qu'on évalue à 100.000 mètres par jour en y comprenant les pluies. Si l'on regarde le plan on verra qu'il faut en outre sur les deux rives de la Sprée et au cœur de la capitale, deux usines de relais qui ramassent au centre les eaux basses, pour les livrer aux véritables usines de transmission placées sur la circonférence.

Voilà les travaux qui coûteront 40 millions, et dont l'élément important, la canalisation de Friederikstadt, quartier de luxe, fonctionne aujourd'hui depuis le 1^{er} novembre; les eaux que la transformation successive de maisons et des rues amène aux collecteurs, y sont épuisées et refoulées sur le domaine de Marienfelder, où les sables et la culture sont chargées de révivifier les liquides, et restituer à l'état de pureté à la nappe les eaux que la distribution en a tirées. Du premier jour, le cercle est parcouru, les lois naturelles sont satisfaites, et le service ne pouvait pas se faire autrement, dès que la rivière devait cesser d'être un égout.

8. *Comparaison avec Paris* : cet ensemble, dont on ne peut pas dire qu'il faut reconnaître la beauté, mais dont comment l'assainissement se fait, qui servent de modèle, Londres, où le froid et l'humidité exigent une habitation bien aménagée, la maison de Paris, dans nos climats tempérés, beaucoup dehors, c'est la maison de Paris. Les rues en Angleterre ne pénètrent dans l'habitation, organisée au point de vue de l'hygiène, toilette, water-closet, ont l'égout direct à l'égout, et comme le système domestique, un drainage souterrain. Il a entraîné une carie qui assainit une superficie de 200 de quatre millions d'habitants, la poterie pour la maison, l'égout circulaire en maçonnerie, jusqu'à 10 de diamètre pour les collecteurs se succédant par relais, qui ne payent tribut des deux rives de la Seine. On sait très-bien qu'il faudrait un système, qui a coûté si cher, pour l'alimentation de la ville de Paris, qu'il y ait au monde. Mais la dépense de cent millions, qui ne paie rien ; on attend que l'industrialisation et on laisse les petites villes des spécimens qu'on vante, mais pas encore.

Revenons vers Paris. Ici, la disposition ; il suffit d'aller se promener dans les chambres la

pour reconnaître combien la cheminée ouverte et brûlant un feu de bois est un élément heureux de décoration et de gaieté. Quant aux services domestiques, ils s'améliorent, mais restent encore imparfaits. La cuisine est petite et sans arrière-cuisine; le cabinet de toilette est rare, surtout avec les aménagements qui permettent l'entrée et la sortie mécanique de l'eau; le water-closet est un luxe et la fosse à vidange empoisonne parfois le salon. Si vous sortez, au contraire, tout est presque à approuver. Des façades en pierre dure et blanche de couleur, admettant la sculpture, des perspectives de monuments, des eaux jaillissantes, de larges dallages en granit ou en asphalte, des chaussées balayées et arrosées, enfin des attentions qui rendent agréable et facile la vie en plein air. Mais aussi il est entendu que le ménage de la voie publique se fera en sous-sol; on jette tout aux égouts par les bouches, la neige, la boue, même celle du macadam; de là une canalisation de grand type, partout accessible aux ateliers de curage. La maison doit avoir un branchement de 0^m,90/2^m,00, lequel serait à l'étranger un collecteur. Le collecteur prend le profil à banquette, admet les rails et le wagon, peut recevoir les conduites d'eau, s'il ne reçoit pas les conduites de gaz, qu'il faudrait peut-être poser dans un étage supérieur, comme l'a fait M. Haywood au viaduc d'Holborn. L'émissaire est si large qu'il porte bateau; il est la *Cloaca Maxima* de Rome, transformée par la science moderne. Au delà de l'émissaire commence la restitution au sol; la ville accepte le devoir de ne pas salir la rivière; elle a, par de larges sacrifices, créé les irrigations et la culture libre dans la plaine de Gennevilliers. Chacun prend l'eau comme il lui plaît, en fait l'usage qui convient à ses récoltes, et malgré des réclamations intéressées, le mouvement grandit chaque année, sans jamais perdre le terrain qu'il a une fois conquis. On disait que le sol se couvrirait d'une croûte impénétrable à l'eau; la charrue façonne une terre noire, riche et légère. On affirmait que

les caves seraient inondées; nappe est si vaste qu'elle niveau, insensible au faible elle sort de la paroi de limon elle est d'une pureté organique où viennent boire les habitants, que la *malaria* s'éteint. Or, à l'inverse de l'Algérie, aucun des travaux de récoltes enrichissent si bien chaque année son jardin ou trois fois ce qu'elle était. Le reconnu et appliqué les travaux pure, et la Vanne en est l'exemple du Semring à Vienne; les plus amples, les plus accessibles et de l'air, comme à la visée des grèves perméables et la captation des eaux impures. Sembrables, il n'y a ici d'obligations publiques; la distribution dans la plaine sont laissées à l'initiative privée.

9. *Résumé et conclusion*
et qui était place entre ces Paris a pris résolument se former la maison: les règlements le water-closet, la perte à l'égout sur l'apathie des propriétaires le plan du drainage de l'administration, qui opère d'office. Les rues manquaient de tout un drainage souterrain relié étaient des égouts. Le résultat à des rameaux en galerie d'

é, qui sont des galeries de grand n'admet que les liquides et l'on les puisards. tant de précautions soumet à des mains-d'œuvre de ront coûteuses et peut-être in- bres des regards de Paris, les à banquettes vaudraient mieux s on peut se préoccuper beau- 'on livre au courant de l'eau et bateaux vannes. Mais on avait un bien près du sol. Il fallait opter profond : on arrive ainsi à la épuisement en cinq usines, une même ne suffit pas et il faut sur deux usines de relais envoyant aux pompes de la circonférence, rs la campagne.

ranchement acceptée. Deux dor- sont acquis à 13 kilomètres de ètres au-dessus des niveaux d'é- ne pouvait songer à attendre les t les convictions à faire chez les sans retard et compter sur l'évi- prits. Dès le jour où les machines ainé la ville nouvelle Friederick- ples de Mariensfelder. C'est là un ce n'est que le début et il faudra liser le programme et dépenser x premiers sont déjà vivants dans it Mais le plus difficile est fait ; solution et on la voit réalisée ; le tions, arrivera avec le temps.

met une pensée, nous répéterons ange des procédés est le progrès, iord l'amélioration du service do-

MÉM

ue de l'habitati
voie publique. l
côtés, en l'app
bitudes qu'on e
ne et la salubr
ant des grande

aris, le 5 novemb

— Je dois les rense
lignance de M. Hot

DOC

- Ordonnance
- Arrêté du m
- Prescription

I. —

éfet de police,
s articles 5, 6 et
nseil communal
3 :

Dans les quartier
outerraine, chaq
branchement ou
ain servira à l'éco
gères, ainsi qu'à
Interdit aux dél
ndres de foyer,
Dans les quartier
n souterraine, a
orisée. Les fosse
s après notifi cati
ion.

semaines après les publications régulières de drainage, les propriétaires ou régisseurs soumettront un projet d'assainissement complet à l'administration pour être soumis au contrôle de l'administration.

Les travaux seront terminés six semaines au plus tard après l'approbation des projets.

Il n'aura lieu qu'après constatation que les fosses ont été remplies.

Le drainage souterrain achevé, tout drainage sera effectué dans les rues.

Les égouts des maisons avec les ruisseaux disposés conformément aux mesures suivantes.

Les égouts seront prolongés jusqu'aux toitures et terminés avec les cheminées.

Chaque évier de cuisine sera pourvu d'une grille fixe. La perte sera terminée par une fermeture hydraulique, qui est également applicable aux water-closets.

La descente des eaux pluviales dans les cours se fera par des drains dont la construction sera soumise au contrôle.

Le drain de l'habitation aura, contre le mur de façade et avant d'entrer à l'égout, une fermeture hydraulique et un clapet automatique. Les tuyaux de descente verseront directement à l'égout, après traversée d'une fermeture destinée à arrêter les débris venant des toitures.

7. L'écoulement à ciel ouvert des eaux industrielles et de toute nature pourra être permis par décision spéciale.

8. Le trottoir sera séparé de la chaussée par une bordure en pierre de 0^m,25 sur 0^m,30.

9. Toutes dispositions antérieures, en ce qu'elles ont de contraire à la présente ordonnance, sont annulées.

10. Les contraventions, en dehors des cas prévus par les lois existantes, seront punies d'une amende de 1 à 10 thalers, de 3 à 6 mois de la prison, si le délinquant ne peut payer.

Cette peine ne fait pas obstacle à l'exécution d'office, s'il y a lieu.

Berlin, 14 juillet 1874.

Le préfet de police,
Von HARTMANN.

MÉMOIRES

II. — AI

ire de la ville de Ber
rticle 11 de l'ordonn
ance du 14 juillet 18
ce qui suit :

Dans l'exécution du b
égout public, toute l
t le trottoir, jusque
ur, concerne l'admini
te du travail d'affair
aire.

a suppression des rui
le raccord avec la ch
penses sont à la char
aucune modification
sans autorisation.

es agents du service
hoses.

l'out immeuble mis
si relié à la distributi
le propriétaire est do
n des eaux, pour aj
ement.

ns le délai de six sema
as été demandé, il y
aux frais du propriét
chaque immeuble reli
proportionnelle, payabl
administrativement
e courant. La contri
len, en même temps
engagé dans la canalis
es travaux exécutés a
ément aux tarifs app
es rôles à acquitter
en matière de contrib

Un délai de six semai
voir près du Conseil r
ministration municipa
ainage.

f, et la contribution doit au préalable

être révisé dans deux ans.

§.

Berlin, 4 septembre 1875.

Le ministre de l'intérieur,
VON BRAUCHITSCH.

Le maire,
HODRECHT.

III. — PRESCRIPTIONS DE POLICE.

Préfet de police,

— l'article 10 de l'ordonnance du 14 juillet 1874, laquelle exige la production d'un projet d'assainissement pour chaque immeuble,

Prescrit :

Le projet comprendra les pièces ci-après :

1. Plan d'ensemble de l'immeuble;
2. Plan du sous-sol;
3. Coupe des bâtiments depuis le sous-sol jusqu'aux toitures;
4. Tracé du projet avec dimensions et cotes du drain de branchement et désignation de la nature des matériaux.

Le projet, accompagné de l'engagement du propriétaire ou régent, indiquera le nom de la rue et le numéro de l'immeuble, la situation des différentes parties, les cotes de hauteur par rapport au trottoir.

Il est recommandé de ne confier la rédaction des projets qu'à des hommes expérimentés, de manière à éviter les renvois de

Berlin, le 8 août 1875.

Le préfet de police,
VON HERTZBERG.

N° 24

ÉTUDE

SUR

LES ENDIGUEMENTS DE LA DURANCE

DANS LE DÉPARTEMENT DE VAUCLUSE

ET DANS LA COMMUNE DE PERTUIS EN PARTICULIER

Par M. HARDY, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

La Durance, qui, à cause de la grande pente de son lit, dispense, par ses importantes dérivations d'arrosage, la fertilité au loin sur ses deux rives, est une menace perpétuelle pour les terrains qu'elle baigne. Ces terrains qu'elle a formés elle-même et qui, comme toutes les alluvions, sont d'une grande richesse, sont exposés à chaque crue, là où le torrent est abandonné à lui-même, à être enlevés par les eaux ou submergés; aussi les travaux de défense ont-ils été de tous les temps. Des vestiges d'anciennes constructions attestent leur incohérence aussi bien que la mobilité du lit du cours d'eau. Comme cela arrive ordinairement, tout travail défensif pour la rive sur laquelle il était élevé était offensif pour l'autre rive, qui, se défendant à son tour, créait un nouveau danger pour la première; aussi peut-on dire qu'il n'y a eu que désordre jusqu'à ce que des travaux aient été entrepris d'après des plans d'ensemble. Les premières tentatives dans ce sens ont été faites par les États de Provence, par quelques communautés religieuses et par la ville d'Avignon. Le système le plus généralement suivi consistait dans la fixation d'un lit

mineur au moyen de digues submersibles en enrochement, dites palières, défendues dans les parties les plus exposées par des éperons, et dans l'établissement en arrière de digues en terre insubmersibles, ou chaussées. La palière arrêtant le courant de fond s'opposait à l'enlèvement des terres par érosion; la chaussée limitait le champ d'inondation au lit majeur. C'est d'après ce système que des travaux importants ont été exécutés par les Chartreux de Bompas et par la ville d'Avignon. La loi du 16 septembre 1807 vint aider à l'œuvre par l'association des intérêts. Dès l'année 1818, des syndicats furent institués pour exécuter les travaux d'endiguement aux frais des propriétaires intéressés avec le concours de l'État. Ce concours, fixé par l'usage au tiers de la dépense, est accordé en principe et n'est réalisé que dans la mesure des ressources disponibles; le paiement des intérêts des subventions en retard, au taux de 5 p. 100, est à la charge du syndicat, seul engagé vis-à-vis des entrepreneurs.

Une ordonnance du 26 août 1825 institua une commission mixte chargée d'arrêter les plans annuels de campagne des travaux à exécuter d'après des tracés approuvés par l'administration supérieure. Ces tracés déterminant les alignements des digues submersibles furent approuvés de 1837 à 1843; ils fixaient une largeur de lit mineur de 250 mètres à l'entrée de la Durance dans le département de Vaucluse, portée, par accroissements successifs de 250 à 400 mètres près de l'embouchure dans le Rhône. Les digues submersibles devaient avoir de 1^m,50 à 2 mètres au-dessus de l'étiage et se raccorder aux ouvrages existants. Elles ne pouvaient produire d'effet appréciable pour la formation d'une berge de lit mineur par colmatage, qu'à la condition de se rattacher à des points élevés de la vallée par des traverses percées de martellières pour donner passage aux eaux troubles, car autrement les grandes eaux auraient pu passer derrière et y causer tous les désordres.

qu'on voulait éviter; d'un au vaient qu'être d'un établisse cause de leur long développ les défendre énergiquement parce que, comme cela arriv tions sur les torrents, le c dans leur emplacement mêm aller plus vite en besogne av vait disposer, de ne faire q longitudinale reliés aux poin par des digues normales sur préserver les terrains en aval rante, devaient être insubmer reproduire la digue transver déjà ancienne sur la Duranc des syndicats, le premier spé été proposé en 1842, par M. pour la défense du territoire quelques palières dans la ba d'Avignon, on n'en a plus département de Vaucluse. C

(*) Il est parlé de digues de M. Beraud, de l'Oratoire, profes sique expérimentale au collège (et intitulé : *Mémoire sur la ma rents et des rivières*.

Dans cet ouvrage l'auteur don sale à T; mais il dit qu'on fait le en forme d'I., dont la barre infé dinale d'amont. Il s'élève contre aval de la digue transversale san mer le T complet par le prolong en aval de l'axe de la digue trans terre défendues par des plantati enrochements, même pour les ne savons pas si, pour ce cas, i ce qu'il y a de certain, c'est qu il n'en reste plus, depuis longter

rsibles sont beaucoup moins dis-
e que les digues longitudinales
e, par l'effet de la branche amont
tesse le long de la digue transver-
longueur, cette digue n'a plus à
qu'au poids de l'eau, et peut être
e ou gravier avec perré maçonné
eusement. La digue longitudinale
ie la digue transversale doit être
le, sur une longueur de quelques
de son axe; mais, dans la partie
mersible afin de prévenir par dé-
nde accumulation d'eau devant la
sans cette précaution serait sur-
it détruite. Plus la branche amont
le colmatage devant la branche
r, et mieux cette digue est présen-
montré que la longueur de cette

Branches amont devait varier de 60 à 80 mètres. Quant à la
che aval, elle n'a d'autre rôle à jouer que de rejeter
aux dans le lit mineur et d'empêcher ainsi la formation
courant le long du talus aval de la digue transver-
, ce qui entraînerait sa ruine; 25 à 30 mètres de lon-
ur suffisent pour produire cet effet. Tout l'effort des
s se trouve ainsi concentré sur l'élément de digue lon-
dinale, principalement à l'amont; aussi faut-il qu'il soit
-solidement établi, en blocs d'enrochement avec ris-
ne (*), ainsi que la digue transversale qui s'y rattache et

Les blocs d'enrochement sont habituellement employés dans
proportions ci-après :

1 ^{re}	catégorie,	du poids de 1.200 kilog. et au-dessus. . . .	$\frac{4}{12}$
2 ^e	—	800 — à 1.200 kilog. . . .	$\frac{3}{12}$
3 ^e	—	400 — à 800 — . . .	$\frac{2}{12}$
4 ^e	—	150 — à 400 — . . .	$\frac{1}{12}$

MÊME

oit être continué
s eaux. On a so
oque de l'étiage,
es barrages en
re autant que
e dans ce systè
rapprochant su
es de leur T terr
T à l'autre, qui
; présente une
érience a indiqu
pente est de 0^m
doit être de 800
à un point in
versale devrait a
evient à dire : qu
avers de la vallée
grande largeur,
l'amont à une c
à 500 mètres) pe
mont, soit la di
ure.

a remarqué qu
ng de la digue t
e celle du lit; c'
onnement de la
; la partie de ce
ait suite; à la j
qui la précède
,50 au-dessus de
de moitié de ce
chie vers l'amont
r le prolongeme
aronnement de la
ssus des plus ha

NTS DE LA DURAN

quelques mètre
par des plans incl
e sans danger par
x les extrémités
couronnées à 1

des plus hautes eaux.

- 1- partie de la digue transversale en
où elle se rattache à la partie cen
tudinale, est élevée au même niveau
ne il a été dit plus haut, la pente d
t jusqu'au point où la situation des
nencer la partie en terrassement; la
d'un mètre entre les deux parties de
ar une rampe pouvant être descendu
gées de blocs d'enrochement. Elle de
06 par mètre. Une précaution indispa
éviter des filtrations qui ne manqua
brûlure et pourraient avoir les plus l
es pour l'existence de la digue en
struction, au point de jonction des
transversale, d'un mur de 1 mètre
du profil en travers de la digue tr
-forts de même épaisseur de chaque
ne de sa section transversale, cet ou
nom de « mur en croix. »
si, il y a dans toute digue du systè
le décrire quatre parties distinctes
ainsi qu'il suit, en partant de l'amc
lne digue en terre et gravier non re
té de l'eau, se rattachant soit à la d
un point insubmersible de la vallé
ndinale, c'est-à-dire parallèle à la
(berge du lit mineur), oblique par
ou normale ;
* Une digue en terre et gravier revêtu

côté de l'eau, avec ou sans (qu'il y a ou qu'il n'y a pa commence au point où le co assez fort pour détruire un continue tant qu'on peut fai qu'il soit enlevé par le co grands épuisements, un pe de l'année; cette digue peu la ligne d'endiguement ou c male à la ligne d'endigueme longueur à son extrémité av

3° Une digue exclusivement longement de la précédente croix, de plus ou moins gra tion des eaux ;

4° Une digue longitudinale de branche de 60 à 80 mètres à l'aval.

Les travaux sont exécutés de suivre; les blocs d'enro sont amenés par voitures ci grande longueur, sur le cor rasement, et jetés en avan retourne la voiture sur une mer successivement les trois pour cela qu'il faut que les partie avec la troisième, et c longitudinale avec ses extré par une voiture.

Les digues transversales face, sur l'une et l'autre rive dence d'une rive à l'autre, c plus creuses. Quand les de dinale sont vis-à-vis l'un de normales à ces éléments, d

la direction à peu près parallèle.
C'est ce qu'il est toujours assés
re aux syndicats, disposés natu-
r le point menacé, qui n'est pas
la digue construite sur la rive

tion connue est celle du 2 n
la Durance s'élevèrent à 4 mètres
tiage. En appliquant la formule
d'eau relevées au passage
mètres au-dessus de Pertuis,
de réception de 1.174.075 he-
lébit de cette crue, à son ma-
mètres cubes à la seconde ;

tiage le débit de la Durance au même point n'est que
à 60 mètres cubes.

Cette inondation mémorable, qui causa de grands désa-
es dans toute la vallée de la Durance, imprima une vi-
ulsion aux travaux d'endiguement. De tous les syn-
e droite, ce fut celui de Pertuis qui mon-
ressement à se défendre, et aujourd'hui
sé de ses efforts par une sécurité à peu pr-
résultats de l'œuvre sont dès à présent ass-
pour qu'il soit intéressant de les faire co-

ingueur de 10.570 mètres de rive, depuis l-
Loubière, où commence la plaine de Pertu-
mmune de Villelaure, huit digues ont é-
l n'existait avant 1843 qu'un élément de
finale et submersible dite le Grand-Fort de
struit au commencement du XVIII^e siècle.
cette dernière digue longitudinale qui a é-
ns le même système, et qui forme la tête
la plaine de Pertuis, toutes les autres se
à T.

MÉMOIRES

igues construites a
re sont indiquées s
. 11, *fig. 5*), les p
s par un trait por
eur, relativement à
es plus fortes, celle
ore 1872, sur le pr
e du plan (Pl. 11, ,
épenses faites depui
t et du département
:

INDICATION des digues.	DÉPENSES faites sur les fonds.			DÉPENSE totale par digue.	OBSERVATIONS.
	du syndicat.	de l'État.	du départe- ment.		
Grand Fort de la Lou- bière sur 565 mètres de longueur.	francs. 24.816	francs. 25.000	francs. "	francs. 49.816	Digue longitudinale submersible.
Digue de l'Ebrette. . . .	71.442	40.721	"	112.163	
— de la Corrèze. . . .	35.351	27.675	"	83.026	Inachevée.
— du Mulet.	38.593	19.296	"	57.889	Protège une route départementale, inachevée.
— de Saint-Roch. . . .	36.194	23.097	20.000	79.291	
— du pont suspendu. . .	82.037	41.018	"	123.055	
— de l'Eze.	49.578	24.789	"	74.367	
— de Réparade. . . .	73.813	36.906	"	110.719	
Réparations d'avaries, travaux accessoires et entretien.	66.249	8.268	1.500	76.017	
<i>Dépenses communes à toutes les digues à la charge ex- clusive du syndicat :</i>					
Salaires de surveillants.	12.634				
Honoraires des ingé- nieurs.	18.615				
Acquisitions de terrains.	13.477				
Confection de la matrice syndicale des rôles et des avertissements. . .	11.799				
Remises au receveur du syndicat.	25.330				
Traitement du secrétaire.	7.250				
Frais de bureau.	2.615				
Frais d'actes de vente et d'emprunts, honoraires et enregistrement. . . .	4.815	"	"	275.079	
Gratifications, honoraires d'avocats et dépenses diverses.	3.033				
Contribution foncière. . .	784				Pour les terrains, occupés par les di- gues, compris dans la matrice cadas- trale.
Intérêts d'emprunt ou de sommes dues à des en- trepreneurs.	172.298				
Indemnités à des entre- preneurs pour résilia- tion d'adjudication. . .	2.399				
Totaux.	773.152	246.770	21.500	1.041.422	

Avant la construction des digues, la situation de la Dur-
rance était celle indiquée sur le plan par un trait pâle. Le
large espace entre les branches extrêmes des deux rives
était recouvert de gravier ; les terres cultivées s'arrêtaient
à la ligne ponctuée. Toute la plaine jusqu'au canal de
Cadenet, qui se développe au pied du coteau, était exposée
à la dévastation, soit par submersion, soit par érosion, la

Durance changeant de lit
 jourd'hui les graviers ont é
 tant le signe conventionne
 ramières, dès à présent su
 ront défrichées lorsque le
 dessus de l'étiage. Les ter
 la Durance, et toute la pla
 et des corrosions.

L'étendue des terrains c
 celle des terrains autrefo
 maintenant, est de 250 he
 plaine préservée de l'inond
 1.120 hectares.

Les terrains colmatés c
 850 francs l'hectare qui e
 de la plus-value, puisqu'ils

Les terrains devenus cu
 vaient produire quelques
 pâturage, valaient 400 f.
 tuelle est de 2.400 francs:
 tare à porter au compte d

Si l'on se reporte à l'ép
 à l'exécution des travaux c
 valeur des terrains cultivés
 que doublé. Plusieurs caus
 tation considérable de val
 ment de la richesse publiq
 tion du canal de Cadene
 l'endiguement de la Dura
 circonstanciés pris sur le
 peut entrer dans la plus-
 600 francs par hectare.

Le compte de la plus-v
 dignement peut donc être

IS DE LA DURANC

até à 850 fr. l'un.

u cultivable à 2.000

rvé à 600 fr. l'un.

Plus-value totale.

ssus des dépenses

étaires syndiqu

me dire qu'ils on

ices, si l'on con

ux est récente,

qu'ils n'ont enco

ruits.

ait voir que l'Éta

r une somme de :

r si lui aussi a

s avons essayé c

s travaux de la D

, comme proprié

le, jusqu'à un c

casionnés par ses

nt de vue du dé

profite à l'accroiss

et du rendement

art des travaux

roduit des impôts

ne le tenterons

cette part existe

ment, la richess

e pas à la révisi

francs, acquise

ervés par les er

e profitera pas à

loi du 21 mars 1874, par laquelle l'impôt foncier devra être appliqué aux terres mises en culture ou devenues productrices depuis la confection du cadastre, après toutefois qu'elle aura été complétée par les dispositions propres à en assurer la juste application, attribuera au trésor public dans la plus-value de 695.500 francs, acquise par les 230 hectares de terrain colmaté et les 250 de terrains devenus cultivables, une part qui peut être évaluée à 23.185^f,33 en capital. L'impôt perçu au profit de l'État étant, en effet, actuellement, pour le département de Vaucluse, du dix-huitième (*) du produit net de la terre, et ce produit net pouvant être évalué à 3 p. 100 du capital représentant la valeur de la terre, une augmentation de 695.500 francs produira une augmentation d'impôt égale à $\frac{695.500^f \times 0^f,05}{18}$ correspondant à un capital de

$$\frac{695.500^f \times 0^f,05}{18 \times 0,05} = 23.185^f,33.$$

Les mutations portent sur les trois natures de terrains ayant acquis ensemble une plus-value de 1.567.500 francs. Des recherches faites au bureau de l'enregistrement de Pertuis, il résulte que, dans l'espace de neuf années, de 1866 (première année dans laquelle a été tenu le répertoire) jusqu'à 1874 inclus, sur les 1.600 hectares formant l'association syndicale de Pertuis, 656, d'une valeur déclarée de 2.158.210 francs, ont changé de mains par suite de ventes, successions ou donations entre-vifs, ce qui répond à un changement de propriétaire tous les vingt-deux ans (**), et ont rapporté à l'État, du fait de l'impôt sur les

(*) Au moment où l'on a fait le cadastre dans Vaucluse, l'impôt foncier a été fixé au douzième du produit net de la terre. Il s'est abaissé jusqu'au trentième dans les années de prospérité, alors qu'il n'y avait ni phylloxera, ni concurrence à la garance par les dérivés de la houille.

(**) Pour l'ensemble du département de Vaucluse, la propriété

ITS DE LA DUI

, soit par an

882^f

158.210^f =

le 1.567.500

t sur les mut

it de 6.425^f,2

es terrains ga

s sur les pei

es) et de rev

is contribuabl

secours qu'il

buables dan

archives de

d'estimatio

réfecture et

ccorde les se

plaine de Pe

nés dans le tableau ci-après :

ange de mains tous les vingt-quatre ans.
 le la grande division des terrains de
 ur grand rapport qui en fait, pour a
 elle, la période serait, pour eux, bea
 ur cela que nous nous étions déte
 s spéciales ; elles nous ont conduit,
 à un résultat peu différent de l'ense
 la nature particulière de ces terrains
 propriété territoriale, il y a relativ
 ations sont dues principalement aux
 le moins à l'État. En résumé, les 656
 s en neuf années se composent ains

Par suite de ventes.

Par suite de successions.

Par suite de donations.

Total parcell.

	des
9 et 10	
Juin	
2 nove	
17 avril	
	Tot

revenu à la valeur de la terre, à

$$\text{e } \frac{362.776^f,00 \times 0^f,03}{18 \times 0^f,05}, \text{ soit de}$$

erte d'autre part d'une somme de
des dégrèvements et des secours;

par l'État aurait donc été, pour

$$.092^f,53 + 7515^f,68 = 19.608^f,21$$

pour une, en moyenne, de $\frac{19.608^f,21}{5} = 3.921^f,64$. Ce

rait trop de compter sur une période de trois ou quatre
nées pour le retour d'une inondation ayant cette consé-
quence; nous croyons qu'on sera plus près de la vérité
fixant cette période à sept années; la perte pour l'État
it donc être représentée par un capital susceptible de
duire, tous les sept ans, un revenu de 3.921^f,64, soit

$$\frac{3.921^f,64}{(1^f,05)^7} \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{(1,05)^7}} \right) = 9.606^f,04.$$

In résumé :

L'État pourra rentrer :

application de la loi du 21 mars 1873, dans une	francs.
omme de	23.183,33
fait de l'augmentation de l'impôt sur les muta-	
ons, dans une somme de	128.500,00
ritera, en n'ayant plus de dégrèvements d'impôts	
supporter, ni secours à donner, une perte de . .	9.606,04
Il aura donc gagné en totalité.	161.289,37

e gain de l'État serait nécessairement au-dessus de ce
fre parcequ'il y aurait à lui ajouter l'augmentation du
mu des impôts indirects non évalué; parce que le
luit de l'impôt sur les mutations a été relevé de 1866
74 et que jusqu'en 1870 il n'y a eu que 1 décime 1/2
plémentaire, tandis qu'à partir de 1874 il y en a un
plus; parce qu'enfin les travaux exécutés depuis peu de

temps, et non terminés d'ailleurs tout l'effet qu'on doit en attendre.

Si maintenant on envisage du cadastre, qui ferait profiter 672.000 francs acquise par les déjà cadastrés, et de la péréquation laquelle le département de Vaucluse foncier le dixième ou le douzième du dix-huitième, on admettra que les endiguements de Pertuis n'ont été un sacrifice, s'il ne le dépasse, et dans les cas, que l'accomplissement posé par le caractère de domaine aura été assez léger.

Une question intéressante se pose point les endiguements exécutés à Pertuis ont relevé l'étiage; nous avons formulé aucune opinion bien que nous ne soyons pas compétent.

Les eaux ont été exceptionnelles en 1874, et l'on peut admettre que dans ces deux années à l'occasion des travaux d'endiguement étaient pour avoir produit un effet appréciable entre ces deux étiages, constatés donc donner la mesure de l'effet du cadastre. Tableau ci-après :

POINTS où les deux étiages ont été constatés.	ALTITUDES		RELÈVE- MENT.	ABAIS- SEMENT.
	de l'étiage de 1858.	de l'étiage du 13 février 1874		
Extrémité amont du Grand Fort de la Loubière.	203,368	205,69 à la branche mère.	2,307	
		205,07 contre la digue.	1,682	
Extrémité aval du Grand Fort de la Loubière.	203,305 (1)	203,375		0,02
T de la digue de l'Ebrette.	198,920	199,149	0,229	
Extrémité de la partie faite de la digue transversale de Saint- Roch.	191,102	190,909		0,19
Échelle hydrométrique du pont suspendu de Pertuis.	186,877	187,012	0,135	
T de la digue de Réparade.	179,000	179,000	0,000	0,00
Extrémité amont du grand fort de Villelaure.	173,496	173,559	0,063	

(1) Cette altitude est bien certainement erronée puisque l'étiage serait plus élevé en aval qu'en amont.

Les relèvements l'emportent incontestablement sur abaissements, mais il n'en est pas moins vrai qu'il y a un abaissement, sur un point au moins, et que par conséquent on ne peut pas dire d'une manière absolue que les travaux d'endiguement exécutés à Pertuis ont eu pour effet de relever l'étiage. Dans les rivières à fond mobile comme la Durance, rien n'est plus variable, et par conséquent plus difficile à déterminer exactement que l'étiage. Suivant qu'un point du lit est occupé par la branche mère ou par une branche secondaire, les eaux peuvent varier en point, à des époques très-rapprochées, de plus d'un mètre. Les crues modifient le fond du lit, creusent là où le lit est resserré et exhausent plus loin, où il s'élargit; les étiages constatés avant ou après une crue peuvent ainsi être bien différents sans que le régime général ait changé. Nous ne serions donc pas répondre de la rigueur des résultats déduits du tableau qui précède. Parmi les points considérés dans ce tableau, il n'y en a guère qu'un où l'on peut considérer le lit comme à peu près fixe, c'est l'échelle à

MÉMOIRES D'

que du pont suspendu
ostaté en ce point
plein, sauf un pertu
trains de bois, cor
mentation du canal
ement.

mobilité du lit a au
des crues. A l'échell
ètres en amont du
st élevée à 0^m,66 au
ndis qu'au pont de
e la seconde de 0^m,
ugée au pont de Mi
ndis qu'on aurait ju
te anomalie ne peut
1879 est arrivée apr
reusé le lit resserré
, tandis que la cru
l'a pas trouvé dan
Au pont de Pertuis c
du barrage, dont ne
les graviers. Ainsi
hauteur à celle de
, a été en réalité p
enne à construire ur
sur la rive gauche
une crue, l'étiage
us haut que celui
niveau. C'est pour
oncer d'une manière
ement de l'étiage p
rivières à fond mob
e application des
posés dans le cours
ion des digues tra

dessins du projet de la digue de Croze, actuellement en cours d'exécution dans la commune de Pertuis (Pl. 11, fig. 5, n^{os} 1, 2, 3, 4, 7, 8 et 9).

Les opérations sur le terrain, ayant servi de base à la rédaction de ce projet, ont été faites en juillet 1872, c'est-à-dire avant la dernière grande crue du 26 octobre suivant. La branche mère passait alors dans l'emplacement même du T, tandis qu'aujourd'hui, ainsi qu'on le voit sur le plan général, elle passe bien en arrière dans les terres. On espérait, à l'aide d'un barrage sur la branche mère, au point de division des deux branches, remettre cette première dans son ancienne position et pouvoir faire en terrassement la digue transversale jusqu'à l'ancienne berge droite de la branche mère, où aurait été établi le mur en croix, ce qui n'aurait donné à la partie en enrochement de cette digue transversale qu'une longueur de 16 mètres. Tout ce qu'on a pu faire a été de repousser la berge droite de la branche mère à 180 mètres de la ligne d'endiguement, où l'on a construit le mur en croix. Faire toute cette longueur de 180 mètres de digue transversale en enrochements serait trop dispendieux; on n'en construira sans doute qu'une vingtaine de mètres, puis on attendra pour pousser les travaux jusqu'à la ligne d'endiguement le déplacement de la branche mère vers la rive gauche, qui arrivera tôt ou tard, après une crue un peu forte. Dans la partie du lit abandonnée par les eaux, on prolongera la digue transversale en terrassement jusqu'à la berge droite de la branche mère, où l'on fera un second mur en croix, puis on terminera la digue en enrochements, y compris le T. C'est ainsi qu'on a procédé pour la digue de Saint-Roch, dont les travaux ont été suspendus en 1859, et qu'on achève dans ce moment. Le plus près de la ligne d'endiguement qu'on ait pu établir le mur en croix a été de 80 mètres; comme on ne voulait pas faire toute cette longueur en enrochement, on a fortement défendu ce mur en croix par des blocs, et l'on s'est

borné à faire un élément de chement. Aujourd'hui le dévers la rive gauche a permis versale en terrassement sur un second mur en croix a été prolongement, et l'on continue.

Nous avons pensé qu'il n'est pas de détails pour montrer combien les travaux d'endiguement sont comme la Durance. Il est bien évident, les lieux soient dans le projet.

Avignon, le 1^{er} octobre 1875.

N° 25

NOTE

sur

RÉCENTS RELATIFS A LA THÉORIE DES VOUTES

ON, ingénieur des ponts et chaussées.

On sait que le problème de la stabilité des voûtes résout aujourd'hui par la méthode graphique de la courbe des pressions; on sait aussi que cette courbe n'est complètement définie par les données immédiates du sujet à étudier : son tracé dépend de certaines données accessoires, que l'on choisit *a priori*, et qui impriment à la solution un caractère arbitraire. Pour affranchir la méthode de ce tribut payé à l'hypothèse, il faudrait tenir compte des déformations de la voûte sous l'action des forces qui y sont appliquées, et des tassements des surfaces sur lesquelles elle s'appuie. Mais ce nouveau problème analogue à celui qu'on sait résoudre pour les arcs métalliques, présente pour les voûtes des difficultés spéciales, jusqu'à présent ont rebuté les efforts de l'analyse.

Des théories récentes, déplaçant franchement la question, cherchent à tourner la difficulté plutôt qu'à la

(*) C'est en ces termes que nous annonçons, en 1869, la méthode de M. Alfred Durand-Claye dans notre *Cours de résistance des matériaux*, page 413.

es ponts et chau
 , année 1867, n°
 le *Mémorial de*
 f. le colonel Pea
 ncipe, une grand
 ces qu'il n'est pa
 le la présente not
 d'essayer de dev
 oins plausibles,
 ans une voûte de
 id-Claye et Peau
 ni satisfont aux di
 re aux yeux, par
 s de cette reche
 t un contour, do
 ition et une gran
 t à-dire une courb
 de l'équilibre. Pl
 de l'équilibre so
 uilibre n'est poss
 in le contour dis
 es maxima restan
 ix poussées minir
 onne une courbe
 de la voûte ne p
 faire plus ou m
 ur ainsi dire la
 abilité est nulle,
 ine de l'ouvrage.
 ipe commun aux
 M. Alfred Duran
 d'hui plus de h
 is cependant que
 cette source. Il y
 e des deux auteu

caractère individuel de la méthode la plus récente écarte l'idée d'un emprunt quelconque fait à la méthode la plus ancienne. L'éminent géomètre auquel nous devons le *réciprocateur* et tant d'autres appareils ingénieux n'a rien emprunté qu'à lui-même.

Pour insister sur les points qui distinguent les deux méthodes, rappelons que les conditions de la stabilité des voûtes sont au nombre de trois, savoir :

1° La courbe des pressions doit être comprise tout entière dans le bandeau de la voûte ;

2° Les réactions mutuelles doivent faire avec la normale au joint des angles au plus égaux à l'angle du frottement de pierre sur pierre ;

3° La pression locale développée au point le plus chargé ne doit pas excéder la résistance pratique des matériaux.

Parmi ces trois conditions. M. Durand-Claye a eu spécialement en vue la première et la troisième, tandis que M. Peaucellier s'est occupé plus particulièrement de la première et de la seconde. Les raisons ne manquent pas pour justifier l'une ou l'autre de ces exclusions. M. Durand-Claye a pu regarder la condition relative aux angles comme satisfaite d'elle-même dans une voûte appareillée d'après les règles consacrées par l'usage. De son côté, M. Peaucellier s'est attaché de préférence à vérifier les deux premières conditions qui résument les lois *statiques* de l'équilibre, et c'est seulement à titre de correction qu'il tient compte ensuite de la résistance limitée de la matière, question d'un autre ordre. et qu'on ne sait traiter jusqu'ici qu'à l'aide d'une hypothèse. De là les différences des deux méthodes, résultat nécessaire de la diversité des points de vue adoptés par les auteurs.

Relativement à la première condition, M. Peaucellier et M. Alfred Durand-Claye expriment tous deux que le centre

la pression est pour chaque
du joint. Mais le premier li
a clef par la condition d'au
correspondantes à toucher so
condition dont on ne trouve
méthode.

La seconde condition étai
Claye comme toujours rempli
ance, nous avons montré con
nêmes principes, la traduire
vrai dire, les droites qu'on e
ament pas, en général, le co
es autres conditions. M. Pea
et les fait concourir avec les c
ription du contour cherché.

La troisième condition s'e
le droites et d'arcs d'hype
M. Durand-Claye, qui adopte
suivie sur la répartition des
assise rectangulaire. Nous tr
le M. Peaucellier l'amorce du
Claye, mais seulement à la cle
oints, M. Peaucellier y pou
courbes des poussées-limites
qui a pour but d'éloigner d
et de faire rentrer dans l'épais
qu'on avait d'abord fait passe
du point de vue pratique, cett
suffire, et le contour-limite d
prononcer sur la stabilité de l
nent différer d'une méthode
restent ainsi libres de choisir
elle qui leur paraît la plus si

L'étude géométrique de la
dans le mémoire de M. Peauc

ation graphique des limites de la voûte s'il y a glissement de la voûte sur l'autre, la construction d'une sous-normale définit la poussée à toucher l'intrados ou l'extrados pour déplacer la réaction mutuelle dans l'intérieur d'une distance convenable dans l'intérieur de la voûte. Il y a autant d'applications élégantes en géométrie et de la statique. Grâce à ces courbes de M. Peaucellier pour la construction de la poussée avec une grande facilité.

Durand-Claye, précisément par rapport à la condition relative au maximum de la poussée, ne se prête pas aussi facilement. Elle exige un certain nombre de constructions, et chacun peut conduire à retouches. Par contre, elle donne des indications plus précises que l'autre méthode, et elle est susceptible d'applications plus variées. Elle a servi pour définir avec exactitude la stabilité d'un ouvrage. Il a fait voir (voir *les ponts et chaussées*, 1868), que sa méthode modifiée s'applique aux arcs muraux et aux voûtes formées de pierres capables de résister à des pressions bien qu'aux voûtes formées de briques juxtaposées. La méthode de M. Peaucellier s'applique aux voûtes, et elle sera utile pour résoudre d'autres problèmes. Ajoutons encore que, entre les deux méthodes, qu'elles ont un point de départ commun : elles supposent la voûte symétrique par rapport à la clef, ou, ce qui revient au même, la voûte symétrique par rapport à la clef. Il est intéressant de rechercher comment modifier la méthode de M. Peaucellier si elle n'est pas symétrique s'il s'agissait d'une voûte non symétrique. La méthode de M. Peaucellier ne serait pas satisfaisante.

faite (*). C'est un sujet digne, croyons-nous, de fixer l'attention des habiles ingénieurs dont nous venons de comparer les travaux.

Paris, 10 février 1876.

(*) On trouvera une étude intéressante sur ce sujet dans un mémoire de M. le professeur Cesare Ceradini sur l'équilibre des voûtes (*Giornale di Scienze naturali ed economiche*, vol. IX, 1873, Palermo). L'auteur applique au problème des voûtes non symétriques le principe de la méthode de M. A. Durand-Claye.

ETS E'

NIQU

1876.

26

inon. — I
t introdui
dont il est
êtres l'un

pu sait que ce petit instrument avait été,
apport très-favorable de la *Commis*
ui fut communiqué aux ingénieurs
le circulaire ministérielle du 15 jan

brautique des grands fleuves, le P
de la Plata. — M. le général Morin
adémie des sciences (17 janvier 1876)
re d'un ingénieur anglais, M. Revy
ands fleuves. M. Revy a pu opérer
aux moyens que la république Arge
on. Les sondages destinés à donner
nt à l'aide d'un bateau à vapeur,
uteur étaient telles qu'il assure que
rueter le profil d'une section des plus gr
esurées à l'aide d'un moulinet
tions étaient prises pour éviter le
rapporteur, M. Revy a donné le
on du matériel, du personnel e
qu'il convient d'adopter.
s a manqué à M. Revy pour coi
ées. Il semble cependant résulte

serait assez importante
 te du lit est sensiblement
 : certaine étendue la vite
 3, est dans un rapport à
 'eau. Cette conséquence
 faits connus, n'avait jusqu'
 ration faite dans des con

chemins de fer. — *Statisti*
 t donnés par le *Journal*
 e réseau des chemins de
 res en 1874, en compte
 itation de 407 kilomètres
 es recettes de tout le ré:
 1871, se sont élevées à
 francs par habitant. Le
 ent de 31,227 francs en
 131 en 1875, soit une di
 es ouvertes sont en
 lsante.

Allemagne. — Le *Journa*
 aits d'une publication de
 1 :

a longueur des chemins
 és est de 11.860 kilom:
 sement de 3.172 millions
 e réseau des chemins de
 re les chemins de fer c
 ssant d'une garantie d
 14 kilomètres, avec un ca
 a longueur des chemins
 res avec un capital de 3.
 nfin celle des chemins d
 le 1.040 kilomètres, corre
 a longueur totale des lig
 ent de 27.000 kilomètres
 s de francs.

Angleterre. — Le *Journa*
l of Trade, un relevé
 pagnies de chemins de
 : ouvers des particulier
 et 1874 à juillet 1875.

CHRONIQUE.

Le total s'élève à 8 millions de francs pour blessures et à 6.500.000 francs pour pertes et avaries de wagons en transit. Ces deux chiffres réunis atteignent moitié de la moyenne des dividendes que servent ces lignes. La somme la plus forte a été payée par le L. North western Railway : elle s'élève à 3.801.700 francs. Eastern a dû payer 1 million de francs pour blessures et pour avaries. Les deux chemins de fer souterrains de L. ont dû payer 150.000 francs pour blessures, bien que leur responsabilité soit limitée, en vertu de leurs statuts à 2.500 francs par voyageur de 3^e classe.

Une seule ligne, celle de Mary-Port à Carlisle, qui traverse un bassin houiller, n'a subi aucune condamnation.

Locomotive à air comprimé. — La traction des wagons de déblais provenant de l'avancement de la galerie souterraine, au tunnel du Saint-Gothard, à l'aide de locomotives à air comprimé sur lesquelles le *Bulletin de la Société d'encouragement* donne quelques détails que nous résumons (janvier 1881). Les premiers essais furent faits à l'aide de locomotives à vapeur, les chaudières desquelles on comprimait de l'air; mais la pression diminuait trop rapidement à cause de la capacité peu élevée de ces chaudières : on fut conduit à leur adjoindre des réservoirs cylindriques en tôle portés sur des trucks et munis d'un diamètre de 1^m,50 et une longueur de 8 mètres environ. Les commodités que fussent ces tenders d'une nouvelle forme, les deux locomotives, la *Reuss* et la *Tessin*, fonctionnèrent d'abord chacune à l'un des chantiers d'Alrolo et de G. Comme la pression diminue d'une manière continue dans les réservoirs, il faudrait pouvoir faire varier continuellement la détente, ce que ne permet pas la disposition du mécanisme des locomotives; à certains instants, donc, l'air arrivait dans les réservoirs avec une trop forte pression, une partie était perdue inutilement : d'autre part, l'air arrivait dans les réservoirs avec toute sa pression, et les fuites, qui augmentent avec la pression, étaient assez considérables. Ces diverses raisons firent décider l'emploi de locomotives spéciales dans lesquelles les inconvénients sont évités par l'emploi d'un régulateur de la détente de l'air, imaginé par M. Ribourt. Ce régulateur, qui agit sur le réservoir d'air comprimé et le corps de pompe, agit également sur la détente, et l'air qui l'a traversé est constamment à la même pression, qui a été déterminée et que l'on peut d'ailleurs faire varier.

sant sur un ressort que l'on lui a substitué maintenant que l'emploi de l'ancien n'est plus possible, pour recevoir d'autres applications, la construction simple et qu'il ne présente aucune difficulté.

La locomotive est chargée d'eau où arrivent les conduits qui alimentent la machine. L'eau est en moyenne de $7^{\circ},55$ par sa température; l'air arrive à la température de $7^{\circ},500$; la quantité d'eau qui fait un double trajet en train au retour.

Action de la chaleur sur les ponts métalliques. — Les variations de température auxquelles sont soumises les pièces métalliques amènent des déformations dont il importe de tenir compte qui peuvent n'être pas aussi considérables que les formules le feraient prévoir.

Le *Scientific American* donne à cet égard les renseignements suivants : le pont de Saint-Louis, dont les arcs ont une portée de 150 mètres environ, devait, d'après les prévisions du calcul, une déformation qui aurait fait varier la hauteur du sommet de l'arc de $0^{\circ},45$ environ entre les jours les plus chauds et les jours les plus froids, la différence de température étant évaluée à 77° grades. Depuis que le pont est terminé, on a noté chaque jour la position exacte du sommet de l'arc; la différence extrême de température, entre le jour le plus chaud (20 juillet 1875) et le jour le plus froid (9 janvier 1875), a été de 59° environ : dans ces limites, le déplacement observé n'a été que de $0^{\circ},21$, notablement inférieur par conséquent à ce que l'on eût pu prévoir (le calcul dans ces conditions indiquait $0^{\circ},355$).

La différence provient, sans doute, en partie au moins, du fait que le métal est protégé par le tablier du pont : le fait que le métal est peint en blanc doit être également pris en considération. Mais il est possible aussi que, par suite du poids considérable de l'arc et de la charge qu'il supporte, la dilatation soit moindre; autrement dit, il est possible que le coefficient de dilatation soit influencé par cette charge, qu'il soit moindre que si le métal n'était pas chargé. M. Bresse, dans son *Cours de mécanique appliquée*, signale des différences analogues auxquelles il pense que la même explication pourrait s'étendre. Un autre fait du même genre est indiqué pour le pont suspendu du Niagara. Au contraire, pour le pont Victoria, à Montréal, la dilatation a été trouvée égale

qu'avait prévu la théorie; mais, dans ce cas, il s'agissait d'une poutre droite, et la charge ne s'opposait pas directement à la dilatation, qui se produisait librement dans le sens de la longueur.

C. M. G.

BIBLIOGRAPHIE.

OUVRAGES FRANÇAIS.

GARNIER (Léon) et DAUVERT (Paul). — Jurisprudence des conseils de préfecture : recueil périodique publié sous les auspices du Conseil de préfecture de la Seine et paraissant tous les mois depuis le 1^{er} janvier 1876. — Marchal, Billard et C^{ie}, éd., Paris, place Dauphine, 27.

GAUDARD. — Influence des dénivellations d'appuis dans les poutres à plusieurs travées solidaires, par M. J. Gaudard, ingénieur civil, professeur à l'Académie de Lausanne. — Paris, E. Lacroix, lib. (Extrait des *Annales du génie civil*.)

LENTHÉRIC. — Les Villes mortes du golfe de Lyon; par M. Ch. Lenthéric, ingénieur des ponts et chaussées. — Paris, E. Plon et C^{ie}, éd., 1876.

MANGON. — Traité de génie rural : travaux, instruments et machines agricoles, par M. Hervé Mangon, membre de l'Institut, etc. — Paris, Dunod, éd., 1876.

RICHARD. — Législation des chemins de fer d'intérêt local, par M. Albert Richard, avocat. — Paris, Dunod, éd., 1875.

VIALAR (de). — Mémoire sur les Expropriations départementales, par M. A. de Vialar, ingénieur des ponts et chaussées. — Paris, Dunod, éd., 1876.

OUVRAGE SUISSE.

Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes, paraissant 4 fois par an. — Lausanne, Georges Bridel, éditeur.

OUVRAGES ANGLAIS.

WILSON (J. E. and A.). — Tramways; the construction and working. — London, King.

[Construction et exploitation des tramways.]

OFFERT. A. — Guide to the Sewage Question for 1876, treated

from a Sanitary, Economical and A
London, P. S. King.

[La question des eaux d'égout, etc.

Parliamentary Papers.—S. King, Ca
Wexminster; London. — Publicati
lement.

— Channel-Tunnel. Correspondence,

[Tunnel de la Manche, avec cartes

— Light houses (Mineral Oil used in).

[Éclairage des phares à l'huile min.

— Railways. Accidents. Inspectors' Report. Part V and VI, 1875.

[Rapport des inspecteurs du Board of Trade sur les accidents
de chemins de fer.]

— Railways. Accidents July to September 1875. Return.

[État des accidents de chemin de fer, de juillet à sep
1875.]

— Railways. Share and Loan Capital. Traffic, etc., for 1874.
general Report.

[Rapport général de M. Tyler sur la situation financi
trafic, etc. des chemins de fer.]

— Rivers pollution, 6th Report of commissioners. Domest
ters Supply. Maps. — I. Chemical examination of potable

— II. Classification and chemical composition of the p

waters of G. B. : — 1. Rain water. — 2. Upland surface wa

3. Surface waters from cultivated land. — 4. Shallow w

ters. — 5. Deep well waters. — 6. Spring waters. — III.

consideration. — IV. Description, Maps and Index.

[6^e rapport de la Commission de l'assainissement des ri

— Distribution des eaux domestiques, avec cartes. — I. E

chimique des eaux potables. — II. Classification : eaux de

de sources, de puits plus ou moins profonds, etc. — III.

dérations particulières. — IV. Cartes et tables.]

OUVRAGES ALLEMANDS.

FRAUENHOLZ, W. — Bau; Constrüctions-Lehre für Ingenieu
Leitfaden zu seinen Vorträgen bearbeitet. — I. Bd. Stei
structionen. München, 1875. — Th. Ackerman.

[La science de la construction pour les ingénieurs. I
Constructions en pierres, avec figures]

HAUSHOFER M., Rdt. Paulus. und R. SCHMIDT. — Handbu
Eisenbahnwesens im ökonomischer, rechtlicher, adminis

und technischer Beziehung. — 7-14, Hft. Stuttgart, 1875. [Traité des chemins de fer, etc. Fascicules 7 à 14.]

HEINZERLING. — Die Brücken der Gegenwart Systematisch geordnete Sammlung der gelaufigsten neueren Brücken constructionen. II. Abth. Steinerne Brücke. Wit 6, Taf und 38 Holzschn. Aachen, 1875.

[Les ponts modernes. II^e partie : Ponts en pierre, avec 6 pl. et 38 figures dans le texte].

MITTHEILUNGEN über gegenstände der Artillerie und Genie Wissens. — Heraus gegeben vom K. K. technischen und administrativen Militär-Comite. — Jahrgang 1876. — 2^e Heft mit 2 Tafeln und 25 fig. in texte. Wien R. V. Waldheim.

[Mémorial de l'artillerie et du génie, publié par un comité militaire. Année 1876. — 2^e fascicule, avec 2 pl. et 25 fig. — Vienne, R. V. Waldheim.

Ce fascicule, consacré surtout à des articles d'art militaire, contient en outre un mémoire sur l'étude des nouvelles substances explosives, une note sur un perforateur, et des indications bibliographiques.]

OUVRAGE ITALIEN.

FAVARO (Prof. Antonio) : Notizie sulla scuola d'applicazione per gl'ingegneri annessa all R. Università di Padova. — Padova.

[Sur l'école d'application pour les ingénieurs annexée à l'Université de Padoue.]

OUVRAGE RUSSE.

AUGUSTINSWITCH. — Établissement des ports sur les rives sablonneuses des mers méditerranées.

[M. Augustinswitch, ingénieur des voies de communication à Saint-Petersbourg, a publié dans le *Journal de l'Institut des voies de communication* un mémoire concernant l'établissement des ports sur les rives sablonneuses des mers méditerranées. Comme œuvre critique, ce mémoire offre un intérêt spécial : il met en évidence, par des exemples plus encore que par des raisonnements, l'insuffisance fréquente des jetées construites et vainement prolongées pour prévenir l'ensablement des ports. L'auteur préconise un autre système, celui d'un brise-lames établi parallèlement à la côte : solution dispendieuse, dont une expérience prolongée peut seule permettre d'apprécier la valeur pratique.]

C. M. G.

1

HA

2'

RAPPORT (*) A M. LE PRI

Annales des P. et Ch., 5^e sér. 6^e ann.

F

MÉMOIRE

tard, et sur la
vous avez bien
e police pour l'
s par M. votre

CHARDAT, membre
IARD, architecte de
e police;
rnieu, chef du 1.^{er}
ecture.

ence de plusieu
nission de se r
re dernier. A pa
gulièrement l'ét
s.

avaux sont term
signés dans les
s qu'elle a tenu
es séances, piè
élaborés au sei
s s'est partage

che doit donc s
aux et à mettre
ils ont porté.

*de départ et pr
nission. — Le r*

Paris, en date
sion a pris conna
maître la missi
ntécédents qui or
alubrité de certa
et notamment c
te des volailles,
urre, a déjà ét

ASSAINISSEMENT DES HALLES CENTRALES.

cheminées d'aérage, établies en 1868 aux quatre angles de chacun des pavillons, ont été l'objet de nombreuses modifications, ayant pour but d'amener une évacuation complète de l'air infecté, sans que l'on soit parvenu, jusqu'à présent, à obtenir des résultats satisfaisants. Cependant les plaintes nombreuses que cet état de choses levait avant la guerre se sont renouvelées depuis lors. La Préfecture de police, la Commission des logements sains, des membres du conseil municipal, se sont accordés à réclamer une ventilation meilleure et des moyens d'assainissement. Des propositions en assez grand nombre avaient été faites dans ce but à la Direction des travaux de Paris, soit par des inventeurs, soit par des maisons industrielles qui s'occupent spécialement de ce genre de travaux. La Commission a été instituée d'abord pour examiner les différents systèmes proposés; ensuite pour élucider les questions complexes qui se rattachent à l'assainissement des Halles, et pour déterminer la manière la plus efficace d'obtenir cet assainissement. La Commission de fait d'ailleurs se préoccuper des moyens à employer, non-seulement au point de vue pratique, mais encore en tenant compte de la dépense qu'ils peuvent comporter.

Telle est la substance de ce rapport, qui établissait nettement la nature et l'étendue de la mission qui nous a été confiée.

Description générale des Halles centrales. — Suivant la résolution qu'elle avait prise dès sa première séance, la Commission entière a procédé deux fois à la visite des Halles; elle s'est arrêtée surtout dans les pavillons où les causes particulières d'infection avaient été signalées. Entre autres, presque tous les membres, opérant individuellement, se sont rendu compte par eux-mêmes, à différentes heures et à plusieurs reprises, de l'état réel des choses, tout en faisant la part de l'atténuation que la saison d'hiver

porte naturellement à des inconvénients que les grandes chaleurs peuvent rendre insupportables.

Les Halles centrales (*) occupent, dans le 1^{er} arrondissement, à 425 mètres environ de la rive droite de la Seine, un vaste espace rectangulaire de 312 mètres de long sur 120 mètres de large. L'axe longitudinal du rectangle est orienté parallèlement à la ligne des quais la plus voisine, de l'ouest à l'est en inclinant d'environ 20 degrés vers le sud. Une ceinture de voies publiques (les rues Vauvilliers à l'ouest, Pierre-Lescot à l'est, de Rambuteau au nord, Berger au sud) isolent les Halles des constructions les plus voisines. La rue du Pont-Neuf, prolongée jusqu'à la place de la Pointe-Saint-Eustache, divise ce grand établissement public en deux massifs principaux d'inégale superficie, partagés eux-mêmes par une avenue longitudinale, qui suit l'axe du rectangle, et par trois avenues transversales, en dix pavillons de grandeurs différentes. Des numéros impairs commençant par le chiffre 3, à partir de l'ouest, et finissant à 11, vers l'est, désignent les cinq pavillons de la rangée du nord; les numéros pairs, de 4 à 12, sont pareillement affectés, de l'ouest à l'est, aux cinq pavillons de la rangée du sud. Les n^{os} 1 et 2 avaient été réservés, dans le plan primitif, à deux pavillons projetés entre la rue Vauvilliers et la rue circulaire formant ceinture autour de l'édifice en tour ronde de la Halle au blé (rue de Viarmes) (**).

Sur les dix pavillons existants, les quatre plus grands

(*) Voir la belle publication intitulée : *Monographie des Halles centrales de Paris*, par M. Baltard, membre de l'Institut, et feu F. Callet, architectes; Morel et C^{ie}, éditeurs, 1863. Le plan et la légende descriptive joints au présent rapport suffisent, à la rigueur, pour l'intelligence des dispositions générales que nous avons à décrire. (Pl. 12 du présent volume.)

(**) Ces deux pavillons n'ont pas été construits; la dépense considérable qu'exigeraient les expropriations sur l'emplacement qu'ils devaient occuper rend fort douteux l'achèvement du plan

S HALLES C

d, 4 et 10 m
s d'un co
est de 2 g
chacun de
• libre au-
a hauteur
; librement
; rectangu
; mètres de
par les noi
pour s'éch
lessous du
à désirer s
; qui occup

Les pavillons sont recouvertes par une
rètes, de 4 mètres de hauteur au son
d'ouverture, supportées par des colon
ent espacées, qui ont été calculées d
aux poids qui les chargent, tout en ap
pène que possible à la circulation de
manutention des denrées.

Sous la grande rue longitudinale qui
de l'ouest à l'est, et sous les trois rue
lées de pavillons des deux côtés, le s
terrain a été descendu de 1 mètre p
pavillons. Cette partie de l'étage sou
prévision de l'établissement de voies d
linées à relier les Halles centrales at
Paris, est séparée des autres caves et
vice, le nom de *chemin de fer*, malgré
primitivement prévues. De larges e

primitif. Les numéros d'ordre actuellement
ont donc le double inconvénient de présen
en désaccord complet avec le système adop
les propriétés attenant aux voies publique

douce, établissent la commu-
sée et le sous-sol de chacun

Le rez-de-chaussée de tout
fait au détail est partagé en .
ont été ménagées des allées
moindre superficie d'un étal
la vente en détail de la bou-

tres sur 5 ; la plupart des
sur 2 mètres. « Un marché ne doit pas être autre chose.

« d'après nos usages, qu'un parallélogramme
« divisible par compartiments de 2 mètres ; il faut
« sur 2 mètres pour les boutiques ; il faut 2 mè-
« les passages... C'est cette considération qui a
« l'espacement de 6 mètres, multiple de 2 mètres
« les colonnes ou points d'appui des Halles, de n
« former deux rangs de boutiques et un passage
« diaire. Mais, en outre, une halle ou un marché
« considéré comme un vaste parapluie. Le prob-
« donc de couvrir le plus grand espace possible
« supports aussi légers et aussi peu nombreux
« sible. »

Mais la question se complique de considéra-
tielles relativement à l'introduction de la lumière et
sous de vastes abris.

« L'air doit entrer par le pourtour et sortir par
« lieu. Le jour doit pénétrer par des baies ver-
« l'exclusion des châssis rampants sur les toits ; au-
« le soleil, dardant sur ces châssis de combles, et
« rait rapidement l'air intérieur et transformerait
« en serres chaudes.

.....
« Afin de ne point gêner, par des courants et
« marchandes qui stationnent ou les chalands qui
« dans les pavillons des Halles, ce n'est qu'au-de-
« mur de brique de 2^m,60 de hauteur, qui forme l'

« générale des pavillons, entre les colonnes du pourtour,
« que commence le système de ventilation.

« L'air et la lumière entrent de tous côtés par des baies
« ouvertes autour de l'édifice. Seulement, pour rendre le
« courant moins rapide et ne pas permettre à la lumière
« de jouer avec trop d'intensité dans l'intérieur, ces baies
« ont été à demi fermées par des lames de persiennes en
« cristal dépoli, posées dans de petits coulisseaux en fonte;
« et, afin d'éviter les ruptures, effets possibles de la dila-
« tation ou d'une vibration quelconque, ces lames sont
« maintenues dans des rainures par de petites lamelles en
« caoutchouc. Ce genre de persiennes a le double avantage
« d'adoucir les rayons solaires et de ne point intercepter
« la lumière.

« Une vaste lanterne à un seul étage d'arcades au-dessus
« des pavillons les plus petits, à deux étages au-dessus des
« plus grands, sert d'issue à l'air tamisé entre les lames
« des persiennes inférieures (*).

« Les aménagements propres à chaque nature de com-
« merce ont été l'objet de soins tout particuliers.

« Les boutiques des bouchers, en raison du volume de
« la marchandise et de la manutention qu'elle nécessite,
« sont, par exception, plus grandes que toutes les autres;
« elles ont 3 mètres sur 3 mètres; elles sont garnies de
« billots, d'étaux, de tables-comptoirs et de balances.

.....
« Les boutiques des marchandes de légumes sont en-
« tourées seulement d'une cloison en bois enchâssée dans
« des bâtis en fer avec adossements à claires-voies et ta-
« blettes, afin de laisser aux marchandes la faculté de faire
« leurs étalages suivant les produits des diverses saisons,
« très-variés de forme, de pesanteur et d'aspect. A la halle

(*) Les guillemets indiquent des citations empruntées textuel-
lement à la *Monographie des Halles centrales*.

essor
e-d
sy
Ch
tion
l'un
l'é
re
ou
ou
om
n n
ver
don
ou
uve
par
po
res
.
bou
de
tie
des
ous
es e
ns e
, qu
réu
s et
mpl
n n
at le
t le
les

ssantes, qui ont le double inconvénient d'entretenir trop d'humidité « et de n'être pas commodes pour le service. Huit fontaines à robinet sont établies dans chacun des pavillons d'angle, et quelques autres, suivant les besoins, dans les autres pavillons des deux corps de Halles. Ces fontaines ne donnent de l'eau qu'à volonté, selon les besoins du commerce.

« En outre, des boîtes en fonte contenant des robinets avec amorces de tuyaux munis d'un pas de vis pour recevoir les douilles taraudées des tuyaux d'arrosage sont établies en tête de chaque ligne de places. Le robinet, lorsqu'il n'est pas employé aux lavages et aux arrosages généraux, lance l'eau dans les gargouilles ou caniveaux couverts emmanchés sur les boîtes, et en opère le nettoyage. En outre, les eaux de puits étant nécessaires pour certaines opérations, telles que la malaxation des beurres, le dessalage de la saline, le lavage des triperies et issues de veaux, trois puits munis de pompes sont établis sur des points convenables. »

Plus de 1.300 becs de gaz éclairent toutes les parties de l'édifice.

« Les canaux qui répandent l'eau et le gaz se branchent directement sur les conduites des eaux de la ville de Paris et du gaz de la Compagnie parisienne. Afin de prévenir toute interruption dans le service des fontaines et des robinets des boutiques de poisson, un réservoir central a été établi, lequel est assez vaste pour fournir d'eau tous les jets distributeurs des Halles pendant plusieurs jours, pour le cas où des réparations inévitables entraîneraient le chômage momentané des conduites principales. La réparation et l'entretien de ces canaux ne présentent, du reste, aucune difficulté, la canalisation générale ayant lieu par une longue série de tuyaux suspendus aux voûtes des caves d'une manière apparente et facilement accessible. »

Parmi les sous-sols, il en est deux qui ne renferment pas de divisions fixes et permanentes : ce sont ceux des pavillons 3 et 6 consacrés, le premier, au dépôt des viandes placées sur des tables mobiles ; le second, au dépôt des paniers et des caisses de fruits, pour les facteurs de la vente en gros des fruits et légumes, ainsi que des denrées mises en fourrière pour contraventions sur la voie publique. Le sous-sol du pavillon n° 6 renferme aussi, dans une enceinte close de barrières mobiles, les denrées invendues le jour même et qui doivent être étalées de nouveau le lendemain sur le carreau des Halles.

Les huit autres sous-sols sont tous pourvus de ressers fixes, ayant généralement 4 mètres superficiels (2 mètres sur 2 mètres), entourées par des treillis en fer de 2 mètres de hauteur, closes à leur partie supérieure. Dans le pavillon n° 9, où l'on emmagasine, outre la saline, les paniers, mannes et tonneaux qui servent à la transporter, les resserres atteignent 6 mètres de long sur 2 mètres de large.

Le pavement a été construit sans pente dans les sous-sols des pavillons 7, 8 et 11. Il en résulte un grave inconvénient, surtout pour le dernier, où se trouve la tuerie de la volaille, qui exige des lavages fréquents pour l'enlèvement des matières sanguinolentes. Cette défectuosité s'explique par ce fait que l'affectation des sous-sols aux diverses destinations qu'ils comportent s'est faite peu à peu, avec gêne et l'incertitude résultant de la suppression des pavillons 1 et 2. Aussi la *Monographie des Halles* ne donne-t-elle pas, à beaucoup près, sur les sous-sols, des détails aussi étendus que sur les rez-de-chaussée des pavillons.

Quatre escaliers établissent la communication entre chacun des sous-sols et le rez-de-chaussée correspondant, sauf aux pavillons 9 et 10, où l'on n'en a établi qu'un.

Il n'existe dans les sous-sols qu'un seul cabinet d'aisances, au pavillon n° 4.

Des tables d'abatage pour la volaille se trouvent dans les sous-sols des pavillons 4 et 11.

La manipulation des têtes de moutons, pour l'extraction des cervelles, exige aussi un développement considérable de tables fixes qui sont installées dans le sous-sol du pavillon 5.

L'ouvrage auquel est empruntée la description qui précède ne donne aucun détail précis sur la manière dont les habiles architectes, auteurs de l'œuvre magistrale à laquelle leur nom restera attaché, entendaient assurer le renouvellement de l'air dans les sous-sols. « Les châssis de jonction
« des arêtières (des voûtes d'arêtes) sont garnis de grilles
« ou de vitres-dalles de 3 centimètres d'épaisseur, de ma-
« nière à donner aux caves soit de l'air, soit du jour, sans
« préjudice des soupiraux percés dans la pierre des sou-
« bassements, au pourtour des pavillons, et des trémies en
« fonte mariées à l'appareil des voûtes vers les murs de
« face extérieurs. » Ces grilles, ces soupiraux et ces trémies sont d'une insuffisance que l'on ne tarda pas à reconnaître, et à laquelle on avait cherché depuis longtemps à remédier par l'établissement de grandes cheminées d'appel, qui devaient puiser l'air vicié dans les sous-sols, où la ventilation était plus particulièrement nécessaire, et le rejeter au-dessus des combles. Les causes qui s'opposaient à la complète réussite de ces moyens supplémentaires de ventilation ont été, de la part de la Commission, l'objet d'une étude approfondie ; et les moyens de corriger le système actuel et d'assurer le renouvellement de l'air sont indiqués d'une manière précise dans le travail d'une Sous-Commission spécialement chargée de cette étude. (Voir le rapport présenté par M. Léonce Vée, à la suite du présent rapport.)

Discussion relative à l'insalubrité des Halles. — Mais, pour ne pas intervertir l'ordre que la Commission a voulu suivre dans ses travaux, il convient d'aborder avant tout la

question préjudicielle qui n'a pas tardé à l'occuper dès premières réunions.

Les plaintes formulées jusqu'à ce jour contre l'insalubrité des Halles n'ont réellement signalé que des émanations désagréables à l'odorat. La Commission a reconnu l'existence de ces émanations, qui se produisent principalement dans les sous-sols des pavillons 4, 5, 11 et 12. Aucun fait précis n'a été, d'ailleurs, articulé à l'appui de l'opinion qu'elles sont réellement malsaines. Or il résulte d'observations déjà anciennes, que la santé de personnes habituellement exposées à certaines émanations infectes paraît ne pas en souffrir. Un rapport fait en 1810 par MM. Deyeux, Parmentier et Pariset, sur le clos d'équarrissage qui existait à cette époque à la Gare, parle avec surprise de l'état de santé brillante où se trouvait la famille attachée à ce travail. Cependant l'équarrisseur, sa femme et ses cinq enfants, séjournaient toute l'année dans le clos et couchaient dans le lieu même où il fut impossible aux membres de la Commission de pénétrer, à cause de l'excessive infection qui s'en exhalait. Parent-Duchâtelet, qui cite ce rapport, a procédé lui-même à des investigations sur l'influence que les émanations infectes exercent sur la santé de ceux qui y sont constamment exposés, et a recueilli un ensemble remarquable de faits et d'expériences qui l'ont conduit à des résultats entièrement négatifs. Se passe-t-il quelque chose de semblable en ce qui concerne l'agglomération des Halles? Ou bien les émanations désagréables dont on se plaint à bon droit ont-elles une influence appréciable sur la santé soit des personnes que leurs affaires ou leur profession y retiennent, soit de la population du quartier?

(*) *Les Chantiers d'équarrissage de la ville de Paris* envisagés sous le rapport de l'hygiène publique. XIII^e mémoire de la collection des œuvres de Parent-Duchâtelet, publiée par Fr. Leuret, 1836. — (Baillière, 2 vol. in-8°.)

La question une fois posée devait être résolue par la Commission elle-même. Elle a été étudiée à fond par une Sous-Commission composée de MM. les docteurs Poggiale et Worms et de M. Biollay. Or il résulte de l'enquête à laquelle s'est livrée la Sous-Commission une coïncidence remarquable avec les résultats négatifs observés par Parent-Duchâtelet.

Les personnes qui passent une partie de leur existence dans les sous-sols des Halles, tout en avouant que les mauvaises odeurs qu'on y respire deviennent intolérables pendant les chaleurs, déclarent unanimement qu'elles ne sont pas plus que d'autres exposées aux maladies. On ne peut constater parmi elles aucune affection morbide prédominante. Les agents employés à divers titres par l'administration au nettoyage et à la surveillance des différentes parties des Halles paraissent également n'être placés sous aucune influence fâcheuse. Leur santé est généralement très-bonne, et les épidémies passent pour ainsi dire inaperçues pour eux.

L'influence des Halles ne se fait pas sentir davantage sur la santé des habitants du quartier. Car, d'abord, le nombre des décès pour 10.000 habitants, résultant des relevés mensuels publiés par la Préfecture de la Seine, pendant cinquante-neuf mois, entre le 1^{er} janvier 1868 et le 31 décembre 1873, est, pour le 4^e arrondissement, notablement moindre que pour la ville entière. Quatre fois seulement, en décembre 1868, en juillet 1870, en décembre 1872 et en décembre 1873, la mortalité y a excédé la mortalité générale des vingt arrondissements réunis; et cette anomalie s'est présentée trois fois au cœur de l'hiver, à l'époque où les émanations des sous-sols sont à peine sensibles. Les épidémies, d'un autre côté, ne paraissent pas trouver dans le quartier des Halles un milieu plus favorable pour éclore et pour se propager. En 1865 et en 1873, le chiffre des décès cholériques y a été noblement inférieur à la moyenne

générale de Paris; et les rues où l'on a constaté le plus grand nombre de cas mortels ne sont pas les plus voisines des Halles.

Les conclusions de la Sous-Commission n'en ont pas moins été formulées avec une extrême prudence, lorsqu'elle s'est bornée à déclarer, par l'organe de son rapporteur M. le docteur Worms, « qu'elle n'a rencontré aucun fait qui « dénote une influence perniciieuse exercée par l'état du « sous-sols, soit sur les personnes qui y séjournent, soit « sur les habitants du voisinage. »

Elles ont été adoptées par la Commission, qui n'a pas encore, néanmoins, sa mission terminée, même en présence de ce résultat purement négatif. On y a fait entrevoir des causes qui peuvent combattre accidentellement les émanations malsaines; on s'y est demandé si l'aisance relative qui règne dans le 1^{er} arrondissement, si la nourriture substantielle et abondante que le personnel des Halles est à même de se procurer à des prix réduits, si les conditions de constitution saine et de vigueur musculaire que l'on recherche naturellement pour le recrutement du personnel des Halles n'entraient pas pour une forte part dans cette résistance constatée aux influences morbifiques. Enfin on a pu dire qu'alors même que la santé publique ne paraît pas souffrir sensiblement des émanations infectes qui ont soulevé tant de plaintes, les motifs surabondent pour chercher à prévenir autant que possible la naissance de ces émanations et pour étudier les meilleurs moyens de chasser celles qui, malgré toutes les précautions prises, viennent à se produire. En effet, l'administration ne peut se dispenser d'appliquer aux établissements dont la gestion et la police lui incombent les mesures d'assainissement qu'elle ne manque pas de prescrire pour les établissements particuliers et pour les propriétés privées dans des cas analogues, où cependant l'intérêt public semble moins fortement en jeu. En outre, l'état actuel des choses nuit trop à la conservation des dé-

rées alimentaires (*) pour qu'on se dispense d'y porter remède. Enfin, lorsque l'administration municipale s'occupe avec une sollicitude incessante de tout ce qui peut contribuer à l'utilité et à l'agrément de la grande agglomération parisienne et des étrangers qui viennent visiter la ville, pourrait-elle rester indifférente à des inconvénients qui ont soulevé tant de plaintes? Par toutes ces considérations, la Commission, unanime sur la détermination du but à atteindre, a poursuivi le cours de ses investigations.

Moyens employés actuellement pour prévenir ou atténuer les causes d'infection. — Le nettoyage de toutes les parties des Halles, l'enlèvement des déchets et détritux de toute nature est le premier remède qui se présente naturellement pour extirper, à leur naissance même, les causes d'infection. Cette opération importante s'effectue sous la direction des ingénieurs du service municipal et sous la surveillance immédiate d'un conducteur principal que, sur l'initiative de M. l'ingénieur en chef Vaissière, la Commission a entendu avec beaucoup d'intérêt.

Le balayage est incessant et s'étend chaque jour à la superficie entière des Halles; il dure douze heures en hiver, treize heures en été. On y emploie successivement divers engins, depuis le rabot de bois pour raclage préalable en

(*) Parent-Duchâtelet, dans ses intéressantes *Recherches pour déterminer jusqu'à quel point les émanations putrides provenant de la décomposition des matières animales peuvent contribuer à l'altération des substances alimentaires* (publiées pour la première fois en 1831), incline fortement pour la négative. Cependant il reconnaît que le bouillon, l'eau distillée et quelques autres matières peuvent bien s'imprégner de ces émanations; aussi hésite-t-il à formuler son opinion d'une manière absolue. Or, n'y eût-il que l'inconvénient résultant de l'imprégnation, on comprend qu'il serait difficile de combattre, même après la série d'expériences qu'il a faites et relatées, « une opinion qui, jusqu'ici », comme il le dit lui-même, « a eu pour elle la force et l'autorité que donne l'assentiment général ».

administratif qui ressortissent à la
et dans la discussion desquelles la
ugé utile de s'engager. Il suffit que
é compétente soit attirée, par la pro-
nt, sur la convenance d'une étude de

détail qui pourra faire ressortir l'utilité d'une partie au
moins des mesures proposées. Quant aux améliorations pu-
ment matérielles, leur réalisation dépend du service de
voie publique qui les réclame, et, par conséquent, de
dministration préfectorale. La Commission ne peut qu'ap-
yer auprès de cette administration l'ensemble des pro-
positions qui lui ont été communiquées par l'intermédiaire
M. l'ingénieur en chef Vaissière, l'un de ses membres.
e a, d'ailleurs, donné des soins particuliers à l'étude
celles de ces propositions que leur importance lui signa-
t d'une manière spéciale, à savoir au service des eaux, à
mélioration des latrines, à certaines modifications dans
distribution des locaux et dans les aménagements inté-
urs, et surtout à l'établissement d'un système convenable
aérage et de ventilation pour les sous-sols.

Eu ce qui concerne les agents chimiques employés au
ttoiement ou à la désinfection, un membre à l'avis du-
el ses travaux scientifiques et ses fonctions donnent une
contestable autorité, M. le docteur Poggiale, a commu-
qué à la Commission deux notes dans lesquelles il exa-
ine la nature et les effets de ces agents pour prévenir ou
mbattre les causes d'infection dans les différentes parties
s Halles et notamment dans les latrines. L'acide phéni-
ne n'est pas un désinfectant, à proprement parler; mais

arrête ou prévient la fermentation et doit être considéré
comme un moyen préventif de premier ordre. Le chlore,
au contraire, et les composés qui le dégagent, comme le
chlorure de chaux, sont les désinfectants par excellence;
mais ils n'arrêtent pas la décomposition des matières orga-
niques. Ces deux natures d'agents sont donc employées si-

multanément pour prévenir ou atténuer le dégagement des exhalaisons infectes dans les Halles centrales. Quant aux sels métalliques comme ceux de fer, de zinc et de manganèse, et même la liqueur de M. Paulet (eaux acides provenant de la fabrication de la nitrobenzine saturées par l'oxyde de zinc et contenant un peu de nitrobenzine), ils détruisent l'hydrogène sulfuré, l'ammoniaque et les sels ammoniacaux, font disparaître en grande partie la mauvaise odeur qui provient de ces substances, mais ils n'exercent aucune action appréciable sur les organismes et sur les matières volatiles d'odeur fétide provenant de la décomposition des corps organisés. On doit les employer surtout contre les exhalaisons sulfureuses et ammoniacales, particulièrement dans le nettoyage des cabinets d'aisances.

Tel est le résumé des deux notes de M. le docteur Poggiale. Elles jettent une vive lumière sur une épineuse question ; elles mettront les agents du service de la voirie publique à même d'opérer, suivant les cas, avec pleine connaissance de cause (*).

Sur l'initiative d'un des membres, la Commission s'est occupée d'une préparation nouvelle à base d'acide phénique, qui a été présentée par MM. Émile Rousseau et fils, fabricants de produits chimiques. Cette préparation a été essayée, et le conducteur principal chargé du service de nettoyage a rendu compte des résultats très-favorables de cet essai. Cependant la Sous-Commission, à laquelle la note de M. Demont avait été renvoyée, a pensé que la Commission ne saurait conseiller l'emploi de cette substance sans en connaître la composition. Cet avis a été ratifié par la Commission à l'unanimité (**).

(*) L'ingénieur en chef de ce service les a fait autographier et distribuer aux agents placés sous ses ordres.

(**) Postérieurement à la rédaction du présent rapport, MM. Rousseau ont adressé au Président de la Commission une note indiquant la composition demandée. Cette note et la lettre d'envoi figurent dans les pièces annexes.

DES HALLES CENTRALES.

dans le service des eaux. — s'est portée, dès ses premiers travaux sur les modifications à apporter. Des doutes existaient, qui sont si désirables, quant à la conservation des matériaux pour la consommation, à ce point de vue, contre la fréquence des lavages et les inconvénients qui en résultent ou même disparaîtraient, si on adoptait un système de ventilation approprié pour assécher la buée et à dessécher les marchandises. On a été traité complètement sur ce point dans une note et dans un rapport sur l'état actuel du service des eaux principales faisant ceinture aux halles, les conduites auxiliaires, les conduites auxiliaires. Elle reconnaît que ces conduites sont insuffisantes pour certains passages, notamment dans les caves, par exemple, l'une des conduites principales de distribution des eaux étant barrées pendant les pluies, il peut résulter de là de graves souffrances pendant les mois d'hiver, on évalue à 2 000 mètres cubes d'eau qui se fait chaque jour disponible, et qui pourrait suffire pour le 20 000 âmes.

Il a été fait au nom d'une commission de représentants du service des eaux et du service d'architecture. Il résulte de ces propositions

note précédente avait déjà
 lement énoncées. La pose
 de l'Ourcq, sur laquelle
 canalisations intérieures,
 saire pour quelques pavill
 rez-de-chaussée et de celui
 neuf nouvelles bouches, de
 sept boîtes d'arrosement
 bouches nouvelles destinées au service des pompes à va-
 peur en cas d'incendie; l'établissement, dans le sous-sol
 de chacun des pavillons, d'un appareil de puisage greffé
 sur la conduite nouvelle et disposé de manière à n'être
 exposé aux atteintes de la gelée : telles sont
 tions que propose la Commission, compléter
 avec les conclusions du rapport. La propos
 des bouches spéciales pour parer aux incend
 hors de notre mission. Nous n'avons pas per
 que nous dussions, à raison de son incontestable
 l'exclure d'un programme de travaux aussi b
 clairement exposé; il nous suffira d'avoir ici
 incompétence.

Étude de nouveaux aménagements intérieurs
 seconde réunion, la Commission avait été fr
 des genres similaires de commerce placés à
 tes différentes des Halles (pavillons 4 et 11)
 paru que la réunion dans un même sous-sol
 des volailles vivantes et de la tuerie était ch
 que l'absence de déclivité dans le pavement
 sol, que l'impossibilité de procéder à des
 partie inférieure des resserres à volailles f
 ment possible, offraient, au point de vue de
 des inconvénients auxquels il était nécessai
 rier.

Elle avait donc demandé aux membres a)

DES HALLES CENTRALES

la ville des études
inconvenients.

d'une fois signalé l'in-
stants et les défauts

mulé d'une manière
anisation complète
s de mouton, établi

elles donne lieu l'é-
eurs en rien sur le p-
auraient atteindre
conception comme à
a rendu plus d'une
instruction des pav-
modifications de dé-
est ainsi que des aff-
provisoires doivent

n, spécialement cha-
de M. Magne, insp-
e, a procédé aux étu-
ts sous les yeux de
pavillon n° 5, le pla-
tes de mouton ser-
au moyen de la sup-
rd. Cependant, on é-
, de sorte qu'il y ait
is qu'aujourd'hui. L-
mission, le sol ser-
lement des liquides
raient revêtues de
devenir aussi imp-
re maintenues dans

de propreté ; la lumière y serait plus égale

et le plateau de la triperie une grille.

D'un autre côté, l'atelier la volaille et du gibier, est transféré du sous-sol de ce n° 11, et réuni à l'atelier dernier pavillon. Le pavem longitudinales et transversa eaux et pour en amener le servoir où elles passent avant d'aboutir à l'égout.

La partie inférieure des resserres à volailles, n aussi d'un pavement ou d'un enduit imperméable en saillie sur le dallage environnant, de manière avec des pentes, l'écoulement des eaux de lavage.

Enfin on créerait, au rez-de-chaussée du pavi un groupe nouveau de cinq cabinets d'aisances, exclusif des femmes.

Les dépenses nécessaires à ces aménagements luées à 190 500 francs ; mais on peut défalque somme 18 000 francs, afférents à l'établissement mentation d'eau supplémentaire qui doit être et les dix pavillons par les soins du service des eau

Assainissement des latrines existantes. — Les l sances mis à la disposition du public dans l'int Halles, tant à titre gratuit que moyennant un fai laissent beaucoup à désirer sous le rapport de l tion et parfois même sous le rapport de la prop explications données à la Commission sur le f ment du service spécial auquel incombe le n démontrent qu'on ne réalisera d'améliorations qu'en augmentant le nombre des places disponi procédant à des aménagements nouveaux dans l existantes. La plupart des sièges sont à trou tuyaux d'évent dont les fosses sont pourvues soi

sants. On a trop compté, peut-être, sur le renouvellement spontané de l'air ambiant, dans l'espace volumineux dont on dispose.

En réalité, il est possible de prévenir toute émanation désagréable, même en laissant les ouvertures béantes, pourvu que des tuyaux d'évent de section suffisante, à la partie inférieure desquels on maintiendra des becs de gaz constamment allumés, déterminent un puissant courant ascensionnel de la fosse vers la partie supérieure de l'édifice, et par conséquent un mouvement de descente de l'air ambiant dans la fosse à travers les ouvertures des sièges. C'est d'après ces principes déjà connus depuis longtemps, parfois trop oubliés, que les divers groupes de cabinets d'aisances existant aujourd'hui dans les Halles devront être aménagés, et que le nouveau groupe projeté devra être établi. La reconstruction intégrale du cabinet qui se trouve aujourd'hui dans le sous-sol du pavillon n° 4 est particulièrement recommandée par la Commission ; une fosse devra être creusée au-dessous du niveau inférieur du sous-sol pour recevoir les tinettes mobiles qui sont placées aujourd'hui au-dessus de ce niveau, sous une simple enveloppe en menuiserie ; les abords seront disposés et des engins spéciaux seront préparés de manière que l'enlèvement des tinettes pleines et leur remplacement immédiat par des tinettes vides s'opèrent avec promptitude et sûreté (*).

Perfectionnements à introduire dans quelques agencements

(*) Les principes auxquels nous venons de faire allusion ont été exposés, il y a déjà cinquante ans, dans un travail demeuré célèbre, de feu d'Arcet, publié sous le titre : *Instruction du Conseil de salubrité sur la construction des latrines publiques et sur l'assainissement des latrines et des fosses d'aisances*, réimprimé par les soins de la Société royale pour l'amélioration des prisons, en 1825. Mais il résulte des recherches de M. Viollet-Le Duc qu'on savait déjà pratiquer, au moyen âge, la plupart des dispositions que nous nous efforçons d'introduire aujourd'hui dans nos constructions



de le plus efficace aux émanations à prévenir les causes ni par les agents chimiques, ni par les moyens mécaniques.

Les séances portent les traces de la discussion qui amenait naturellement la discussion.

Une Sous-Commission spéciale, présidée par M. le docteur L. Vée et ayant pour rapporteur M. Léonce Vée, a été créée pendant trois mois consécutifs, à des recherches et expériences qui ont abouti à des conclusions empruntées d'un caractère essentiellement pratique. Les résultats de ces travaux, consignés dans le rapport de M. Vée, ont été discutés dans le sein de la Commission, l'objet d'une discussion approfondie, à la suite de laquelle les conclusions auxquelles étaient parvenues les commissions ont été adoptées à l'unanimité. L'Administration avait déjà reçu, antérieurement à la formation de la Commission, et lui avait transmis, aussitôt qu'elle s'était réunie, des propositions nombreuses et un petit nombre de projets relatifs à l'établissement d'une ventilation dans les Halles. Après un nouvel avis aux auteurs de ces propositions, le nombre des projets présentés dans des délais offrant des garanties suffisantes d'études sérieuses s'est réduit à trois, parmi lesquels la Sous-Commission n'a pu complètement approuver aucun. Mais elle a reconnu le mérite d'un projet de ventilation par appel, soigneusement étudié par MM. Geneste fils et Herscher; et a pensé qu'on pourrait employer à titre accessoire la ventilation développée par les becs d'éclairage pour chauffer les cheminées d'évacuation, chaleur qui, dans le projet de M. Melincourt, donnerait le seul et unique moyen de réaliser l'appel.

La Sous-Commission avait reconnu la nécessité de procéder à des expériences sur place pour déterminer à la fois la méthode de ventilation des cheminées existantes et le prix

de revient de l'appel fait au moyen de la combustion directe du gaz dans ces cheminées. Des thermomètres ont été placés en différents points du sous-sol et du rez-de-chaussée du pavillon n° 11 et à l'intérieur d'une cheminée d'appel, de manière à faire connaître les températures de l'air à renouveler, de l'air extérieur et du courant ascensionnel qui détermine l'appel. La bouche d'aspiration de la cheminée a été descendue jusqu'à 60 centimètres seulement du pavement du sous-sol ; un appareil à gaz, composé de deux couronnes concentriques contenant 33 becs dans un plan horizontal, a été placé à 20 centimètres au-dessus de cette bouche, à l'intérieur de la cheminée. Un compteur à gaz a servi à évaluer la dépense, et des anémomètres mesurant la vitesse du courant ont permis de calculer le volume de l'air évacué dans un temps déterminé. Il résulte des expériences dont la Sous-Commission a donné le détail que dans une des cheminées du pavillon n° 11, munie, à sa partie supérieure, d'un appareil Noaillier, par lequel la sortie des gaz est entravée, la combustion d'un mètre cube de gaz a produit en moyenne une élévation de température de 2°,1 et un débit de 837 mètres cubes à l'heure. Mais il y a lieu de croire qu'en substituant à l'appareil Noaillier un simple chapeau placé à 1 mètre environ de l'ouverture supérieure, le débit serait porté à 1 000 mètres cubes par mètre cube de gaz brûlé. C'est une donnée généralement admise, avec laquelle les expériences faites aux Halles trouvent ainsi en accord d'une manière satisfaisante.

Chacune des quatre cheminées d'aérage existantes, après qu'on les aura modifiées à la base et au sommet comme l'a déjà dit, pourra facilement évacuer de 5 à 6 000 mètres cubes à l'heure sous l'influence du chauffage produit par la combustion de 15 à 30 becs de gaz, suivant la saison. C'est un renouvellement d'air de 20 à 22 000 mètres cubes à l'heure, correspondant à un renouvellement de trois fois la capacité du sous-sol et à une vitesse d'écoulement de

7 DES HALLES CENT

conde dans les c
t de M. d'Hameli
ple, le projet de
ment au moins q
paraît être entre
plus rapprochée d

lation par appel c
férence motivée p
le nombre des ou
ieur, à l'exclusion
peut être admise
armés. Elle n'a vou
l'allumage d'un c
ent ascensionnel
les moteurs méca
otrice à la vapeu
eneste et Herscher
comparatif auquel
point de vue de l
de vue de l'écor
à l'emploi des fo

ouvement de l'air
sé de la manière l
l'air du sous-sol,
que des bouches d'
minées d'évacuati
er sur la disposit
pel, ainsi que de la
communication av
et pourront fourn
e procéder à l'exé
ission n'a pas cr
uellement l'empla

ches d'appel; elle a pu penser ultérieurement à une autre solution, elle a indiqué le système général à établir pour le renouvellement des Halles, elle a fait valoir leurs que l'idée d'utiliser les locaux actuellement perdus qui devait être prise en considération, qui est la base unique qui avait été indiquée dans le cours des conversations par un des membres de la Commission (M. Paliard), mais comme moyen auxiliaire; la Sous-Commission adoptée à ce titre.

Mesures de police relatives à l'assainissement
 Commission, au commencement même de ses travaux, a reconnu l'importance que devait avoir, pour l'assainissement des Halles, l'observation de certaines mesures de précaution. L'usage d'un matériel approprié, la séparation incessante et l'enlèvement rapide des déchets résiduels, la mise en état de vente des denrées alimentaires, la promulgation du 30 décembre 1865, concernant la police des marchés publics, qui règle la matière, a coordonné et même régleme les dispositions éparses dans un grand nombre de documents spéciaux, les a fixés d'une manière plus précise, et a comblé les lacunes des anciens textes. Il serait assurément impossible d'imaginer qu'elle a tout prévu et qu'il n'y aura jamais lieu d'ajouter certaines dispositions, d'en étendre quelques-unes. Mais la Commission a reconnu qu'il n'y avait aucune nécessité à diriger ses vues de ce côté; elle a pensé que l'exécution des sages dispositions dictées par une expérience plus que séculaire suffisait, actuellement du moins, pour assurer aux exigences de l'hygiène publique une protection convenable de mesures préventives. Il ne lui était pas permis de leur interdire de se renseigner sur l'organisation ad-

NT DES HALLES CENTRAI

surveillance. Celui de ses
ms mettait le mieux à m
de bureau à la Préfect
développements très-ir
a été frappée de l'ava
e garantie suprême cor
t ou de faiblesse de la p
contrôle qui serait exe
ment par les membres d'une Commission mixt
commun accord par la Préfecture de la Seine
fecture de police. L'utilité d'inspections de
paraît pas douteuse; il n'est pas d'administra
nt le fonctionnement d'un rouage pareil n'ait
ts effets. Si l'autorité qu'exercent simul
lles les chefs de ces deux grandes admi
lonner lieu à aucun conflit entre des ma
placés, l'institution d'une Commission
serait une garantie de plus pour ass
des agents chargés d'attributions diff
nais placés journellement en contact in
es motifs, la Commission n'a pas hésité
elatif au principe même de cette institut

enses que comporte l'assainissement d
épenses que pourront exiger les mesu
Commission pour l'assainissement des
es transitoires, les autres permanentes.
rie appartiennent celles que comporte
s par le service d'architecture montant, à
le service des eaux, montant à 37 000
ue le premier de ces deux services avai
artie des dépenses relatives à l'autre
faire la part de l'imprévu, il sera bon de
total à moins de 220 000 francs pour

Le chiffre des dépenses grossi des frais de premier ventilation par appel que mais ces frais ne pourront être d'un projet définitif soit s'est bornée à fixer les bases soit soit restreint d'abord à u

Quant à la dépense permanente que la combustion de gaz qui déterminera l'appel, on a lieu de croire qu'elle ne dépassera pas 2 francs par heure et par sous-sol ; l'expérience seule fera connaître le nombre d'heures pendant lequel la ventilation devra être poussée à comporte cette dépense.

Résumé et conclusions. — En définitive, si les exhalaisons infectes de certaines Halles centrales ne paraissent exercer d'influences pernicieuses ni sur les personnes qui y sont exposées, ni sur les habitants du voisinage, la Commission reconnaît la convenance et même la nécessité, autant que possible, la production et d'en faire usage convenients. Le service du nettoyage, l'assainissement des latrines, le service des eaux, déjà par ailleurs, lui ont paru susceptibles de quelques améliorations qu'elle a indiquées. Les aménagements prévus par l'ordonnance générale est excellente, présente quelques déficiences dues principalement à l'état actuel, il manque deux pavillons primitifs, dont la construction exigerait une dépense que l'on hésite non sans raison aujourd'hui à engager, et les latrines peuvent disparaître, et le service est à même de vous soumettre des études pour atteindre ce but. L'assainissement des latrines existantes et l'établissement d'un nouveau groupe de latrines seront pareillement l'objet d'études nouvelles.

service. Quelques perfectionnements de détail, certains accessoires nouveaux, pourront aussi rendre plus promptes les manutentions qui donnent lieu à des déchets putrescibles, faciliter l'enlèvement de ces déchets, et remédier aux inconvénients de la vidange du cabinet d'aisances existant aujourd'hui dans le sous-sol du pavillon n° 4. Un système général de ventilation par appel, dont la Commission a esquissé les principales dispositions et les effets généraux, devra être appliqué d'abord au sous-sol du pavillon n° 11, et puis successivement, après une réussite constatée, aux parties des sous-sols où sont établies les manutentions à exhalaisons fétides. Enfin, comme complément de cet ensemble de mesures qui auront pour effet, les unes de prévenir, au moins en partie, les causes d'infection, les autres d'en atténuer les effets, la Commission émet le vœu qu'une Commission mixte, instituée de commun accord par la Préfecture de la Seine et par la Préfecture de police, soit mise à même, d'une manière permanente, au moyen d'inspections générales et partielles, de renseigner l'administration sur l'observation des règlements existants, et d'indiquer, au besoin, les perfectionnements nouveaux à introduire, soit dans l'agencement matériel, soit dans la police des Halles.

Veillez agréer, Monsieur le Préfet, l'expression de mon respect.

*L'inspecteur général des Ponts et Chaussées,
président de la Commission,*

L. LALANNE.

ANNEXES.

Liste des principaux ouvrages à consulter pour l'étude des questions relatives à l'assainissement des Halles.

Monographie des Halles centrales de Paris, par V. Baltard, membre de l'Institut, et feu Callet, architectes. — 1 vol. in-folio, Paris, 1863, Morel et C^{ie}.

Hygiène publique, ou mémoires sur les questions les plus importantes de l'hygiène appliquée aux professions et aux travaux d'utilité publique, par A. J. B. Parent-Duchâtelet. — 2 vol. in-8°, 1836, Paris, J. B. Baillière.

Traité de la salubrité dans les grandes villes, par MM. les docteurs J. B. Monfalcon et A. P. de Polinière, membres du conseil de salubrité du Rhône. — 1846, in-8°, Paris, Baillière.

Traité d'assainissement industriel, comprenant la description des principaux procédés employés dans les centres manufacturiers de l'Europe occidentale pour protéger la santé publique et l'agriculture contre les effets des travaux industriels (publié par ordre du Ministre de l'agriculture et du commerce), par Ch. de Freycinet, ingénieur des mines. — Paris, Dunod, 1870, 1 vol. in-8° et atlas in-8°.

Principes de l'assainissement des villes, comprenant la description des principaux procédés employés dans les centres de population de l'Europe occidentale pour protéger la santé publique (publié par ordre du Ministre de l'agriculture et du commerce), par Ch. de Freycinet, ingénieur des mines. — 1 vol. texte in-8° et atlas, 1870, Dunod.

Société royale pour l'amélioration des prisons. — Rapport rendu à M. le Dauphin par un membre de la Société, suivi du Rapport du conseil de salubrité sur la construction des latrines publiques et sur l'assainissement des latrines et des fosses d'aisances, par d'Arcet. — 1 vol. in-4°, Paris, 1825, imprimerie de Fain, rue Racine, n° 4.

Rapport adressé par une commission à M. le Ministre de l'intérieur sur la construction et l'assainissement des latrines et fosses d'aisances, par M. Grassi. — Brochure in-8°, Paris, 1858, B. Dupont.

Hygiène publique. — Chauffage et ventilation des hôpitaux.

Comparaison des deux systèmes de chauffage et de ventilation de l'hôpital Lariboisière, thèse pour le doctorat en médecine le 6 juin 1856 par le docteur C. Grassi. — 1856, Paris, Rignoux, imprimeur. — (Cette thèse est suivie d'une liste des nombreux mémoires consultés dans les *Annales d'hygiène publique et de médecine*).

Commission chargée d'examiner les projets présentés pour le chauffage et la ventilation du Théâtre-Lyrique et du Palais impérial, général Morin rapporteur. — 1 vol. (1861).

Hospitales, considérés sous le rapport de leur construction, de la distribution de leurs bâtiments, de l'ameublement et du service des salles de malades, par M. Dupont. — 1 vol. in-4°, Paris, 1862, Paul Dupont. (Voir, dans les matières de cette *Étude*, les mots *Latrines* et *Ventilations* du texte qui s'y rapportent).

Ventilation, par le général Arthur Morin. — 2 vol. chez M. Chéret et C^{ie}.

Marseille de 1867, à Paris. — Rapports du Jury publiés sous la direction de M. Michel Chevallier. — Groupe VI, classes 47 à 52, 1 vol. in-8°, 1868, Paris, Paul Dupont. (Voir *Assainissement des fosses*, par M. d'Ussel, et *Ventilation du palais*, par M. d'Ussel.)

D'UNE SOUS-COMMISSION SPÉCIALE

présentés et sur les moyens employés pour assainir les sols par des procédés de ventilation.

I. — EXPOSÉ.

Composé à l'examen d'une Sous-Commission spéciale (*) pour l'assainissement des Halles par voie de ventilation préconisée.

Les membres de cette Sous-Commission étaient : MM. le Dr Poggiale, M. Vaissière et Rousselle, Mague, L. Vée, Radigon, Paliard

Vous avez donné pour mission à votre Sous-Commission de vous rendre compte de ces projets et d'étudier les moyens les plus propres à assurer l'assainissement des sous-sols.

Elle vient vous soumettre le résultat de ses travaux.

Nous vous rappellerons d'abord, qu'avant la formation de la Commission, l'Administration avait reçu un grand nombre de propositions et de projets plus ou moins sérieux. Nous avons reconnu la nécessité de faire un nouvel appel aux auteurs de ces projets et de leur demander une étude spéciale de l'application de leur système à un pavillon des Halles. Nous leur avons réclamé une note détaillée avec plans et dessins à l'appui.

Trois projets seulement nous sont parvenus dans ces conditions.

Ce sont ceux :

De MM. Nézeraux et Garlandat;

De MM. Geneste et Herscher;

Et de M. d'Hamelincourt.

Nous dirons d'abord en quoi ils consistent :

1° *Projet Nézeraux et Garlandat.* — Le projet de MM. Nézeraux et Garlandat a été étudié spécialement en vue de la ventilation et de l'assainissement du sous-sol du pavillon n° 11.

Les auteurs du projet proposent l'emploi d'un appareil de leur invention, destiné à purifier l'air et connu sous le nom de *Rafraîchisseur*. Le volume d'air passant par cet appareil serait de 24.000 mètres cubes par heure. L'air vicié du sous-sol, mis en mouvement par un ventilateur, traverserait environ dix fois le rafraîchisseur par journée de douze heures.

Dans la disposition d'ensemble qui a été soumise à la Sous-Commission, les appareils d'épuration et de ventilation sont établis hors du sous-sol, dans une galerie voisine, au-dessous de la rue, à l'ouest du pavillon. Le ventilateur, mû par une machine à vapeur, aspire l'air de la cave, le refoule dans le rafraîchisseur, où il passe au travers d'une plaque perforée et d'une couche d'eau pour retourner ensuite dans le sous-sol, après avoir été rafraîchi et dépouillé notamment de l'acide carbonique qu'il contient.

Les bouches d'aspiration sont réparties sur une conduite régnant sur un des côtés du pavillon, à la hauteur du plafond. Les bouches de refoulement sont placées en face des bouches d'aspiration, de l'autre côté du pavillon. Les deux conduites d'aspiration et de refoulement sont reliées aux deux orifices correspondants du ventilateur.

L'air assaini, arrivant par les ouvertures de refoulement de l'appareil, est projeté vers le plafond; il descend lentement vers le sol et, par un courant continu de 4 mètres par minute, il parcourt la cave dans toute sa largeur pour arriver au côté opposé. Il est alors entraîné dans la galerie d'aspiration pour repasser de nouveau dans le rafraîchisseur.

Un déplacement d'air de 20 000 mètres cubes par heure, continuellement épuré par le passage dans le rafraîchisseur, suffirait, d'après les auteurs du projet, à entraîner et à détruire tous les éléments insalubres de la cave et, selon eux aussi, l'air extérieur, généralement plus chaud et moins dense que celui des caves, n'aurait aucune tendance à entrer dans le sous-sol par les baies ouvertes des escaliers.

MM. Nézeraux et Garlandat remarquent que l'appareil pourrait être combiné de façon à servir à deux pavillons voisins dans lesquels il opérerait alternativement tout en les assainissant simultanément.

a° Projet d'Hamelin-court. — Le projet présenté par M. d'Hamelin-court a pour objet principal l'utilisation de la chaleur développée par les becs de gaz servant à l'éclairage du sous-sol, pour produire l'appel nécessaire au renouvellement de l'air de la cave.

L'auteur du projet ne modifie pas les brûleurs. Il envoie les gaz provenant de la combustion dans les cheminées d'appel au moyen d'une canalisation spéciale. Il se sert de la même canalisation pour aspirer l'air vicié.

Les becs de gaz sont surmontés d'un chapeau en forme d'entonnoir renversé, destiné à recueillir les produits de la combustion. Le chapeau est terminé à sa partie supérieure par un tuyau de petit diamètre relié aux cheminées d'appel.

L'installation des conduites d'appel comprend un réseau de tuyaux collecteurs horizontaux de grande section. Ces tuyaux sont suspendus à l'intrados des voûtes, et aboutissent aux anciennes cheminées, qui conservent leur rôle actif.

Chacune des colonnes de la charpente est entourée d'une gaine en tôle mince d'un diamètre plus grand que celui de la colonne. La partie supérieure du conduit annulaire ainsi formé est mise en communication avec les collecteurs. La partie inférieure reste ouverte et sert de bouche d'appel.

Le pavillon n° 11 compte 35 becs, consommant ensemble 4 500 litres de gaz à l'heure. La chaleur produite par la combustion de

ces 4 500 litres de gaz serait suffisant pour opérer l'appel d'un volume cubé. L'air serait renouvelé toutes

M. d'Hamelincourt évalue les détermination de la canalisation dans un pa

3° *Projet Geneste fils et Herscher* cher proposent un système de vent

L'appel est produit au moyen de la base des cheminées d'appel, suivant le désir adopté pour la ventilation du

Les auteurs du projet font d'abord remarquer que les bouches d'aspiration étant, en général, plus lourdes que les bouches d'aspiration doivent, autant que possible, être au-dessus du sol des caves. Ces bouches sont reliées par une canalisation spéciale

Dans le projet présenté pour l'installation du pavillon n° 4, les conduits d'aspiration sont : le premier est formé d'une des cheminées existantes. Il dessert le batage. Le second embrasse la partie supérieure du pavillon et se compose d'un collecteur principal qui relie les bouches réparties à la base des cheminées d'appel. Ces conduits sont au-dessous du niveau du sol.

Dans cette disposition l'air pur, qui entre par les portes, les escaliers. Il se dirige ensuite vers la base du pavillon en entraînant sur son passage les produits incriminés par les cheminées.

Une machine à vapeur de 6 à 8 chevaux, installée dans le pavillon, soit dans une salle, met en mouvement une pompe à air qui projette les produits incriminés placés dans l'axe des quatre

MM. Geneste fils et Herscher démontrent que, pour le projet qu'ils proposent, on pourrait procurer un courant d'air ayant une vitesse de 3 mètres par seconde. Cette vitesse correspond à un débit de 35 mètres cubes par heure.

On pourrait éventuellement utiliser la machine à vapeur au chauffage

Les auteurs du projet ont étudié

ter pour les conduites, suivant que celles-ci seraient placées en contre-bas du sol, sur le sol, ou au-dessus du sol et suspendues aux voûtes. Ils ont étudié également un modèle de borne en fonte à placer au dessus des ouvertures d'appel, afin d'éviter que les conduites ne s'obstruent par les poussières et les débris de toute nature, ou ne soient envahis par les eaux.

En terminant, MM. Geneste fils et Herscher font observer que l'exécution de leur projet n'entraverait en rien le service des Halles et qu'elle se ferait rapidement et à peu de frais.

II. -- EXAMEN ET DISCUSSION DES PROJETS PRÉSENTÉS.

La Sous-Commission a examiné ces projets.

Deux objections, dont une capitale, peuvent être faites au projet Nézeraux et Garlandat.

Le système de circulation qu'ils indiquent repose sur le double principe de l'appel et de l'insufflation.

En premier lieu, malgré l'avis contraire des auteurs du projet, il n'est pas douteux que, pour assurer le fonctionnement de leur système, il serait nécessaire de clore habituellement les ouvertures qui font communiquer le sous-sol avec l'extérieur. Il serait indispensable en particulier de fermer les entrées des escaliers. Cette mesure occasionnerait une gêne sérieuse dans le service.

En second lieu, la Sous-Commission a été d'avis qu'un simple lavage à l'eau dans le rafraîchisseur ne pourrait suffire pour transformer en air pur l'air vicié sortant des sous-sols. Après avoir traversé cet appareil, l'air retiendrait encore les vapeurs, les gaz et les miasmes organiques insolubles dans l'eau, et il conserverait certainement une odeur sensible.

Il n'y a d'ailleurs aucun intérêt à chercher à purifier l'air vicié au moyen d'un appareil spécial, quand il est facile de l'évacuer d'une manière définitive et de le remplacer par de l'air pur pris à l'extérieur.

Le projet de MM. Geneste fils et Herscher est étudié avec soin.

Les auteurs ont adopté le système de ventilation par appel. Les baies des escaliers peuvent, par suite, rester ouvertes sans inconvénient, et le service des sous-sols ne subirait aucun trouble pour l'adoption du projet.

En plaçant les bouches d'appel au niveau du sol, elles seraient aussi près que possible des points d'infection, et l'air vicié se trouverait ainsi soumis à l'aspiration en un point où les vapeurs

et les gaz insalubres afflueraient densité.

D'autre part, les emplacements pel sont mal choisis; il faudrait manière plus complète le renouv

Les auteurs du projet ont étudié dispositions à donner aux condu de les mettre à l'abri des eaux et

Nous discuterons plus loin et p cial proposé par MM. Geneste et dans les cheminées d'évacuation.

M. d'Hamelincourt s'est proposé par les becs d'éclairage pour é tion et produire l'appel.

Ces becs brûlent 4 500 litres d melincourt, l'évacuation d'air 7 000 mètres cubes à l'heure. Mais Sous-Commission, il résulte que base de ses calculs une donnée in intéresse. L'évacuation produite de gaz brûlé à l'intérieur d'une qu'à 4 500 mètres cubes. Pour qui s'opérerait forcément dans combustion et la cheminée, il faudrait seulement qu'une évacuation à l'heure.

La disposition étudiée par M. ment proposée par un membre d moyen accessoire de produire l'a rait être utilisé avec avantage, employer un procédé plus énerg cial.

M. d'Hamelincourt, comme M pose de prendre l'air vicié dans plus près possible des foyers d'in la disposition qu'il indique pour compliquée et n'est pas admissib

Remarquons enfin que, dans c d'appel est très-multiplié, et qu impossible d'arriver à régler l'é entre ces ouvertures.

ASSAINISSEMENT DES HALLES CENTRALES

III. — EXPÉRIENCES DE LA SOUS-COMMISSION

A la suite de cette discussion, la Sous-Commission a jugé nécessaire de procéder à des expériences directes sur la puissance de ventilation des cheminées existantes. Le prix de revient de l'appel fait au moyen de la combustion du gaz dans ces cheminées.

Les expériences ont été faites sur une des cheminées n° 11. Cette cheminée prenait naissance à la hauteur du plafond. Afin de profiter de toute la hauteur disponible, elle a été descendue, et, par les nouvelles prises, son orifice inférieur s'est trouvé placé au-dessus du niveau du dallage.

Un appareil à gaz composé de deux couronnes contenant 33 becs dans un plan horizontal, a été installé au-dessus de l'orifice inférieur de la cheminée. L'appareil est muni des robinets nécessaires pour allumer à volonté les 33 becs à la fois.

Un compteur à gaz a été installé pour mesurer la consommation. Enfin des thermomètres ont été placés : au milieu des couronnes pour constater la température extérieure du sous-sol pour constater la température intérieure de la cheminée, à 8 mètres environ de l'orifice inférieur, pour obtenir la température de l'air. Le Conservatoire des arts et métiers a bien voulu mettre à la disposition de la Sous-Commission les instruments nécessaires pour ces expériences.

Ces expériences ont eu lieu les 11 et 12 février 1900. La température était assez basse (+ 1 degré), mais, les dispositions prises pourront être répétées par une température plus élevée. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant.

Débit des cheminées d'appel des Halles centrales par le moyen du gaz.

1° Données.

Les expériences ont été faites sur la cheminée du pavillon de la rue de Rambuteau et de la rue intérieure transversale.

Hauteur de la cheminée.

Section à 8 mètres au-dessus du niveau du sol des caves.

Nombre de becs des ca
 Nombre de becs de la
 Nombre total des becs

Formule de l'anémo
 du courant exprimée
 ment par seconde; 0^m

Avec 17 becs (moyenne de quatre expériences) 1 mètre cube a
 été brûlé en. 20' 27"
 La consommation moyenne à l'heure a été, par suite, de. . . 2^m 38
 Avec 34 becs (moyenne de quatre expériences) 1 mètre cube a
 été brûlé en. 12' 37"
 La consommation moyenne à l'heure a été, par suite, de. . . 4^m 23

3° Échauffement de la cheminée.

Avant l'allumage.

	de 11
La température extérieure était de.	1
La température des sous-sols était de.	5
Différences.	4

Expériences avec 17 becs.

	de 11
Température initiale de la cheminée.	1
Température de régime après allumage.	11
Échauffement produit.	6
Échauffement produit en moyenne.	
La consommation de gaz étant de 2 ^m 38, l'échauffe- ment par mètre cube de gaz brûlé a été de.	

Expériences avec 33 becs.

Température initiale de la cheminée.	5'
Température de régime après allumage.	15
Échauffement produit.	10
Échauffement produit en moyenne.	
La consommation de gaz étant de 4 ^m 23, l'échauffe- ment par mètre de gaz brûlé a été de.	

4° Débit de la cheminée.

	Vitesse par 1".	Volume débité en 1".	V par 1 ch
	mètres.	m. cub.	m.
Avant l'allumage. . . (Diff. 4°). . .	0,533	0,793	2
Allumage de 17 becs. (Diff. 6°.25). .	1,067	1,529	5
Allumage à 33 becs. (Diff. 10°.25). .	1,323	1,897	6

*5° Ventilation produite par la combustion d'un mètre cube de gaz.*Expériences avec 17 becs consommant en moyenne 2^{mcb},998.

	m. cub.
Volume total débité à l'heure.	5 506,56
Ventilation naturelle.	2 854,80
Différence due au chauffage.	2 651,76
Ventilation produite par mètre cube de gaz brûlé.	851

Expériences avec 33 becs consommant en moyenne 4^{mcb},819.

	m. cub.
Volume total débité à l'heure.	6 829,2
Ventilation naturelle.	2 854,2
Différence due au chauffage.	3 974,4
Ventilation produite par mètre cube de gaz brûlé.	824,78

En résumé, la combustion d'un mètre cube de gaz a produit en moyenne une élévation de température de 2°,1 dans la cheminée et un débit de 837 mètres cubes à l'heure.

La cheminée du pavillon n° 11 est munie, à sa partie supérieure, d'un appareil Nouaillier qui entrave le mouvement des gaz à la sortie; il y aurait lieu de remplacer cet appareil par un simple chapeau placé à 80 centimètres ou 1 mètre au-dessus de l'ouverture supérieure. Par cette modification, le débit serait certainement porté à 1 000 mètres par mètre cube de gaz brûlé, suivant la donnée généralement adoptée, que les expériences de la Sous-Commission confirment.

IV. — MOYENS A EMPLOYER POUR ASSAINIR LES SOUS-SOLS DES PAVILLONS DES HALLES PAR LES PROCÉDÉS DE VENTILATION.

Après vous avoir rendu compte des travaux préliminaires de la Sous-Commission, nous avons à vous faire connaître quels sont, à mon avis, les moyens les plus propres à opérer l'assainissement des sous-sols des Halles par voie de ventilation.

Quantité d'air nécessaire à la ventilation. — Le sous-sol du pavillon n° 11 a une surface de 2 226 mètres carrés et un volume de 7 000 à 7 500 mètres cubes.

D'après M. d'Hamelin court, les cheminées d'appel devraient débiter 7 000 à 7 500 mètres cubes à l'heure pour opérer l'assainissement complet du sous-sol.

MM. Geneste fils et Herscher estiment d'autre part que, pour arriver à ce résultat, il faudrait doubler le débit des cheminées existantes. Ils évaluent ce débit à 20 mètres cubes et proposent, en conséquence, de le porter à 40 mètres cubes à l'heure.

Mais les cheminées de ventilation ne sont actuellement chauffées que par quelques becs de gaz placés à la partie inférieure et par une couronne de becs placée à la partie supérieure. Contrairement à l'opinion exprimée par MM. Geneste fils et Herscher, leur débit moyen ne s'élève pas à plus de 16 à 17 000 mètres cubes, et le double de ce débit à 32 ou 35 000 mètres cubes d'air à l'heure.

La Sous-Commission estime que la vérité se trouve entre les estimations de M. d'Hamelin court (7 500 mètres cubes) et celles de MM. Geneste fils et Herscher rectifiées (32 à 35 000 mètres cubes), et qu'en opérant, *dans de bonnes conditions de répartition*, un renouvellement d'air de 20 à 22 000 mètres cubes à l'heure correspondant à trois fois la capacité du sous-sol et à une vitesse d'écoulement de 1 mètre par seconde dans les cheminées, on obtiendra un résultat complet au point de vue de l'assainissement.

Le résultat est d'autant plus assuré que les procédés d'assainissement par voie de ventilation ne sont pas les seuls conseillés par la Commission, et qu'en réformant le service des eaux, qu'en employant dans des cas spéciaux les désinfectants chimiques, qu'en assurant l'exécution régulière et complète des ordonnances concernant la police des marchés, l'état de choses actuel sera profondément amélioré.

Choix du procédé de ventilation. — La Commission avait à choisir entre le procédé de ventilation par appel et celui par insufflation.

Pour assurer la ventilation d'un local par insufflation, il faut que, par la disposition même des orifices d'entrée et de sortie, l'air insufflé soit obligé de suivre un trajet déterminé, de sorte que tous les points de l'espace à ventiler soient traversés par un courant d'air pur qui les assainit. Si l'air pur insufflé rencontre une ouverture accidentelle sur son passage, il s'échappe, et l'air vicié reste stagnant dans la partie du local comprise entre cette ouverture accidentelle et l'orifice disposé pour la sortie.

Il est, par suite, nécessaire d'éviter les ouvertures dans les locaux ventilés par insufflation, et de les tenir hermétiquement clos.

Dans le sous-sol des Halles, les baies d'entrée doivent rester continuellement ouvertes pour les besoins du service. La Sous-Commission a dû, par suite, écarter les procédés de ventilation par insufflation, et étudier les moyens de ventilation par appel.

Ce système a le sérieux avantage de permettre de compléter

principal par des appels accessoires, qui peuvent produits, en un point donné, en mettant à ces des lieux. Ainsi, dans un endroit plus spécialement il suffira quelquefois de pratiquer une ouverture bouches de gaz pour obtenir immédiatement un accès à l'extérieur. Une telle disposition peut être dans un cas particulier.

L La Sous-Commission propose d'adopter le mode de ventilation par appel pour la ventilation du sous-sol des Halles.

établissement des conduites et des bouches d'appel. — Nous nous bornons point à indiquer ici les détails de construction des conduites et des bouches d'appel. C'est une question dont l'étude doit être réservée au service d'architecture.

Nous avons, d'ailleurs, déjà signalé à la Commission les études de MM. Geneste fils et Herscher, qui nous ont paru heureuses.

appelons seulement que, pour éviter la dispersion des miasmes malsains, il est nécessaire de placer les bouches d'appel dans la partie basse du sous-sol et aussi près que possible du foyer d'infection. Enfin, sans proposer de répartir un nombre déterminé de bouches d'appel sur la surface du sous-sol, sans fixer l'emplacement de ces bouches, questions qui feront, s'il y a lieu, l'objet d'une étude spéciale, la Sous-Commission pose ce principe que les bouches d'appel devront être en nombre suffisant et qu'elles seront placées dans des emplacements tels que, dans tous les points du sous-sol, l'air vicié soit entraîné par un courant d'air pur entrant par une des ouvertures de l'édifice, porte, fenêtre, etc., et se dirige vers une bouche d'appel.

Voies du mode d'appel. — L'air peut être mis en mouvement par les cheminées :

1° par l'emploi des foyers d'appel ;

2° par l'emploi des ventilateurs aspirants ;

3° par l'emploi de procédés spéciaux tels que celui de M. Piarron fondésir, proposé par MM. Geneste fils et Herscher.

Pour des raisons de sécurité publique, l'Administration a interdit d'une manière complète, dans le périmètre des Halles, l'emploi des combustibles autres que le gaz. Ce sont donc des foyers d'appel au gaz qui devraient être employés pour la ventilation du sous sol. Leur emploi nous est de plus imposé par la nature de la construction des cheminées existantes, qui ne permettrait d'installer, sans danger d'incendie, des foyers alimentés par

un autre combustible. Les foyers à gaz sont d'ailleurs économiques. Leur établissement revient à un prix insignifiant, et le service nécessite aucune main-d'œuvre spéciale.

L'emploi des ventilateurs aspirants et celui du système Piarron de Mondésir nécessiteraient l'établissement d'une chaudière et d'une machine à vapeur, et, par suite, l'usage d'un foyer à houille dans le périmètre des Halles, ce qui serait contraire aux prescriptions administratives. Les dépenses d'installation pour la fourniture des appareils et l'appropriation des locaux seraient nécessairement fort élevées. Malgré ces objections sérieuses, nous ferons la comparaison de ces systèmes entre eux et avec le procédé par foyer d'appel au gaz.

Si nous établissons d'abord la comparaison entre le système par ventilateurs et le système Piarron de Mondésir, l'avantage reste à ce dernier. En effet, les dépenses de combustible, d'entretien et de main-d'œuvre sont à peu près les mêmes dans les deux cas, mais les dépenses premières d'établissement seraient notablement plus élevées, si l'on employait des ventilateurs. Ce fait résulte de l'obligation d'établir un ventilateur spécial pour chaque cheminée, disposition qui nécessiterait ou la pose d'une transmission importante, ou, si l'on réunissait tous les ventilateurs dans la chambre des machines, l'établissement de conduites de grand diamètre entre la chambre des machines et les cheminées, conduites aussi coûteuses que la transmission elle-même.

Nous n'avons donc finalement à comparer que le système d'appel par foyer à gaz et le système Piarron de Mondésir. L'appel par foyer à gaz est préférable au point de vue de la facilité du service et de la sécurité. Voyons s'il garde l'avantage au point de vue économique.

Il résulte des expériences faites par la Sous-Commission que, dans des conditions favorables, un débit de 22 000 mètres cubes à l'heure peut être obtenu avec 12 mètres cubes de gaz, ce qui correspond à une dépense de 1',80 (le prix du mètre cube de gaz étant de 15 centimes). Mais nous avons dit aussi qu'en élargissant et en modifiant les dispositions du débouché de la cheminée, on obtiendrait une meilleure utilisation de la chaleur produite par la combustion du gaz. Nous estimons que la dépense pourrait être ainsi réduite à 1',20 l'heure.

Mais, d'autre part, comme, dans ce cas, l'action de la ventilation naturelle ne serait pas toujours aussi énergique qu'à l'époque où la Sous-Commission a fait ses expériences, nous nous contenterons de considérer comme un fait acquis que la dépense nécessaire

appel de 22 000 mètres cubes à l'heure par s'élèverait pas à 2 francs l'heure.

Berscher ont déclaré verbalement à la Commission à ventiler à forfait le sous-sol moyennant 2 francs l'heure. Ce prix pourrait même être centimes si, au lieu d'une vitesse de 4 mètres es cheminées, il était reconnu, suivant les conclusions de la Commission, que la vitesse de 1^m,00 à 1^m,50 est l'autre part, il faut faire entrer en compte les dépenses d'installation. La diminution de centimes serait plus que compensée par l'augmentation aux frais d'intérêts et d'amortissement, et par le gaz ressortirait finalement au même prix que le système proposé par MM. Geneste fils et fils à un prix inférieur, si l'on réglait la dépense de température. L'administration pourrait profiter de toutes les variations atmosphériques favorables et n'existerait pas avec le système Piarron de par un entrepreneur.

de la facilité du service et au point de vue de l'hygiène reste incontestablement à l'emploi de ce moyen d'appel.

V. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Sous-Commission a reconnu qu'un renouvellement de 22 000 mètres cubes à l'heure est suffisant pour le dessèchement d'un sous-sol ;
de ventilation le plus convenable est celui par

et être produit économiquement en établissant la partie inférieure des cheminées existantes ; les bouches d'appel doivent être placées dans la partie la plus près possible des lieux infectés, et disposer que l'air, en pénétrant par les ouvertures naturelles, balaye sur son passage tous les gaz méphitiques.

Le placement des bouches d'appel devra faire l'objet d'une étude spéciale.

En ce qui précède, la Sous-Commission propose les travaux suivants :

Procéder immédiatement à l'installation d'appareils de ventilation dans le pavillon n° 11, où se trouvent les tables d'abatage.

Utiliser à cet effet les quatre cheminées d'appel existantes. Ces cheminées seront reliées entre elles deux par deux, au moyen de deux collecteurs horizontaux placés soit au-dessous du sol, soit au-dessus et aussi près que possible du niveau du sol. Sur l'un de ces collecteurs seront branchés les tuyaux destinés à assainir les tables d'abatage et le côté nord du sous-sol; sur l'autre collecteur, il sera ouvert un certain nombre de bouches d'appel pour la ventilation de la partie sud du local à assainir.

Dans le cas où, après l'exécution de ces travaux, la partie centrale du sous-sol resterait infectée, on compléterait les dispositions susindiquées par l'établissement de bouches d'appel en nombre suffisant, réparties à la surface même du sous-sol. Ces bouches seraient reliées aux collecteurs par une canalisation placée en contre-bas du sol.

Afin d'éviter des dépenses en double emploi, il serait convenable de procéder immédiatement à la pose de ces dernières conduites dans le cas où, pour une cause ou pour une autre, on serait amené à remanier le sol de la cave.

On utiliserait la chaleur produite par les becs d'éclairage au chauffage des cheminées d'appel. On conduirait à cet effet les produits de la combustion dans les cheminées, soit au moyen de tuyaux raccordés avec les conduites souterraines, soit, dans le cas où l'établissement de ces conduites serait différé, au moyen d'une petite canalisation spéciale raccordée directement avec les collecteurs.

Des dispositions analogues devraient être prises dans les autres pavillons qui seraient signalés comme infects dans le rapport général de la Commission.

Signé LÉONCE VÉLÉ, rapporteur.

Note sur les résultats obtenus par le liquide désinfectant de MM. ROUSSEAU, fabricants de produits chimiques.

Au commencement du mois de décembre 1874, sur la recommandation de M. Lalanne, inspecteur général des ponts et chaussées, président de la Commission d'assainissement des Halles centrales, M. Rousseau, fabricant de produits chimiques, demeurant à Paris, rue des Écoles, n° 44, livra au magasin général de la 1^{re} division de la voie publique (Direction des travaux de Paris)

10 litres environ d'un nouveau liquide désinfectant qui, par ordre de la Commission susnommée, fut immédiatement mis à l'essai dans le service du nettoyage des Halles.

Le liquide fourni par M. Rousseau paraît avoir pour base l'acide phénique très-étendu, auquel on aurait ajouté du sulfate de fer, de l'acide citrique, et peut-être quelques parties d'éther ou de chloroforme.

Les soins particuliers de nettoyage et de propreté employés aux Halles centrales consistant en enlèvements, balayages et lavages très-souvent répétés, la saison froide que nous traversons, le peu de marchandises susceptibles de mauvaise odeur ou de putréfaction apportées à la vente à cette époque de l'année, ont rendu assez difficile l'application du désinfectant soumis à l'essai.

Les expériences dont nous allons rendre compte ne sont donc pas absolument concluantes; elles constatent que le liquide produit par M. Rousseau est bon, supérieur même, dans certains cas, à tous les désinfectants que nous avons employés jusqu'alors; mais un jugement définitif sur ce point ne pourrait être porté qu'au moment des chaleurs, c'est-à-dire en mai ou en juin prochain.

Pour essayer soigneusement et sûrement le liquide : 1° nous avons recueilli dans des tinettes fermées des viandes, des débris de poissons et des vidures de volaille et de gibier, que nous avons laissé putréfier, et nous n'avons agi sur ces matières que lorsque la putréfaction était bien prononcée.

2° Nous avons agi dans un cabinet d'aisances établi dans le sous-sol du pavillon n° 4, cabinet qui a été signalé à MM. les membres de la Commission, et qui, en toute saison, donne beaucoup de mauvaise odeur;

3° Et enfin nous avons opéré des lavages dans le sous-sol du pavillon n° 11 et dans certaines grandes gargouilles extérieures, notamment autour du pavillon n° 9.

Partout et toujours la désinfection obtenue a été instantanée, complète et très-persistante.

Le liquide désinfectant a été employé au 1/10^e et au 1/12^e comme l'avaient recommandé M. l'inspecteur général Lalanne et l'inventeur M. Rousseau.

Dans les viandes et poissons corrompus, les débris de volaille, gibier, etc., la désinfection a été parfaite et absolument instantanée. Une quantité du liquide, coupé comme nous venons de le dire et de la moitié environ du volume de la matière à désinfecter, a été versée sur les débris putréfiés. A l'odeur absolument insup-

ritable que donnaient
de une odeur agréable
duré trois jours environ
de l'acide phénique.
Après huit jours,
à remuées tous les jours
core aucune odeur désa-
gréable.
Ce résultat peut être

obtenu que jamais, en aucun cas
dans les Halles ne sont gardées vingt-quatre heures sans être
levées et portées en voirie; il prouve que, même en voirie, les
matières enlevées ne sentiront pas mauvais, ce qui sera une grande
amélioration au point de vue de l'hygiène générale.

Dans les lavages, soit de cabinets d'aisances, soit de points
où avaient séjourné du sang d'animaux ou des matières suscep-
tibles de putréfaction, le résultat a été le même : partout désinfection
immédiate, substitution d'une odeur agréable à celle qu'on
voulait combattre, et durée de cet état de choses pendant plus
de vingt-quatre heures sans réaction, quelle que soit l'intensité
initiale de la mauvaise odeur.

Nous n'avons jamais pu obtenir de résultats semblables avec
les produits employés dans le service jusqu'à présent.

Certainement l'acide phénique et le chlorure de chaux se-
raient bien la mauvaise odeur, mais on n'obtenait un résultat sat-
isfaisant qu'en employant ces produits à forte dose, c'est-à-dire en
substituant à l'odeur qu'on voulait faire disparaître une odeur
très désagréable, très-persistante, et peut-être dans certains cas,
notamment dans des endroits clos, nuisible à la santé.

A l'aide des sulfates de zinc et de fer nous obtenions l'annu-
lation de la mauvaise odeur, mais cette annulation était bien
moins vive et bien moins persistante qu'avec le produit nouveau.
Il aurait fallu, pour obtenir huit jours de désinfection complète,
répéter l'opération tous les deux jours au moins, de sorte que les

objets désinfectés avec les sulfates avaient besoin d'être en-
levés et d'être portés loin en voirie et dans des vases bien clos.

Au point de vue de la dépense, l'emploi du produit nouveau
est pas plus onéreux que celui de nos produits actuels;
dans certains cas, cet emploi est même économique, puisque la
désinfection persiste beaucoup plus longtemps.

En résumé, le produit expérimenté est bon, et nous demandons
d'être autorisé à continuer son emploi dans le service, à la
condition que M. Rousseau le fournira toujours d'une qualité égale.

et sous la réserve d'expériences plus
ant des grandes chaleurs, expériences
diffier un peu notre opinion actuelle et
ir de rendre compte à l'Administration

75.

*Le conducteur principal du nettoyage
de la 1^{re} section de la voie publique,
Signé DEMONT.*

désinfectant expérimenté aux Halles.

ure de zinc, tel qu'il résulte de l'attaque
ydrique.

brine brute.

énique.

ice pour aromatiser. — 1 000 litres d'eau.

Signé ÉMILE ROUSSEAU.

**Éléments services concentrés dans les Halles
ales. (Voir la Pl. 12.)**

1. { Moitié nord. — Vente au détail de la boucherie.
Moitié sud. — Vente à la criée des viandes de
boucherie et charcuterie.

2. { Moitié nord. — Resserres des détaillants.
Resserres de la vente en gros.
Moitié sud. { Resserres des viandes saisies.
Resserres de la Préfecture de
police.

3. Vente en gros de la volaille et du gibier.
Resserres et tuerie de la volaille.

4. { Moitié nord. — Vente au détail de la charcuterie,
de la triperie et des issues.
Moitié sud. { Vente en gros à l'amiable des
viandes de boucherie et de
charcuterie.
Vente en gros de la triperie.

5. { Atelier de la mannerie du marché à la vente en
gros du poisson.
Atelier de la triperie.
Resserres des détaillants.
Resserre du marché à la vente en gros des
viandes.

6. { Vente en gros, à la criée et à l'amiable, des
fruits et des légumes.
Resserre publique.
Resserre des facteurs.
Resserre de l'administration de l'assistance pu-
blique.

PAVILLON 7.	Rez-de-chaussée.	Vente
	Sous-sol.	Ressort
PAVILLON 8.	Rez-de-chaussée.	Vente
	Sous-sol.	Ressort
PAVILLON 9.	Rez-de-chaussée.	Vente au
	Sous-sol.	Bassin Ressort de la vente en gros du poisson.
PAVILLON 10.	Rez-de-chaussée.	Vente en gros des beurres, des œufs et des fromages.
	Sous-sol.	Ressort des facteurs à la vente en gros. — Mirage des œufs.
PAVILLON 11.	Rez-de-chaussée.	Vente au détail de la volaille et du gibier. Vente au détail des fruits et des légumes.
	Sous-sol.	Tuerie pour la volaille. Ressort des détaillants de volaille. Ressort des détaillants de fruits et de légumes.
PAVILLON 12.	Rez-de-chaussée.	Vente au détail des beurres, des œufs et des fromages. Vente au détail des viandes cuites, de légumes, de pain, etc., etc. Vente en gros des huiles.
	Sous-sol.	Ressort des détaillants de beurres, d'œufs et de fromages. Ressort des détaillants de viandes cuites. Ressort des détaillants de légumes. Ateliers pour le mirage des œufs. Ateliers pour le malaxage des beurres.
FOURTOUR DES PAVILLONS 7 et 8.		Vente aux petits tas.

N° 28

NOTICE

SUR

A CONSTRUCTION ET LES PRIX DE REVIENT

DES CHEMINS SECONDAIRES

VALKANY A PERJAMOS ET DE VOJTEK A DOGSAN (HONGRIE)

.. FOURNIER, inspecteur général de la Société autrichienne I. R. P.
des chemins de fer de l'État (*).

SOMMAIRE.

	Pages.
onsidérations générales.	604
DITIONS SPÉCIALES DES ACTES DE CONCESSION DES LIGNES SECON- DAIRES.	608
LIGNE DE VALKANY A PERJAMOS :	
ste de l'ouverture. — Tracé. — Terrains. — Profil en long. — Ali- gements et courbes. — Terrassements et ouvrages d'art. — Voie et ballastage. — Bâtimens et divers. — Locomotives. — Dépenses.	609
ableau général de toutes les dépenses faites.	614
ableaux indiquant les prix de revient des différentes parties du che- min.	616

cette notice a été rédigée pour les *Années* à l'instigation de M. Cézanne et sur la de-
da M. Kopp, ingénieur des ponts et chaussées, Directeur de l'Exploitation de la
autrichienne I. R. P. (*Imperial-Royale Privilegierte*) des chemins de fer de l'État. Les
chemins de fer qu'elle concerne ont été concédés à cette société. M. Fournier, auteur
Notice, en a dirigé les travaux. — C'est à M. Kopp que paraît avec surtout l'initia-
la construction de chemins de fer économiques dans certaines parties de la Hon-
si n'en comportent pas d'autres.

Les sommes qui figuraient dans le texte primitif ont été converties en francs à
de 2^{fr},50 par florin, suivant l'usage de la Société autrichienne I. R. P., sans tenir
des variations que l'agio et le change font fréquemment subir à la valeur du
R. M.

III. LIGNE DE VOJTEK A BOGSAN :

Indication sommaire des cond
 Tableau général de toutes les
 Tableaux indiquant le prix de
 min.

IV. TABLEAU COMPARATIF DES DÉP

V. RÉSULTATS GÉNÉRAUX DES DÉP
 Observations sur les résultats

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Au moment où la question de l'établissement de chemins secondaires est de nouveau soumise à l'étude approfondie, nous croyons qu'il peut être d'intérêt d'indiquer le mode suivi à cet égard en Autriche par la Société autrichienne I. R. P. des chemins de l'État, qui vient de construire les deux lignes de Valkany à Perjamos et de Vojtek à Bogdan, et de brancher sur la ligne principale du Sud-Est (à Bazias).

Le partie du territoire hongrois desservie par la ligne du Sud-Est, notamment celle comprise entre Perjamos et Vojtek, est formée de plaines très-étendues, où la nature du sol sont très-favorables à la culture de la plus grande partie des céréales.

Sur tout ce parcours, les voies de communication sont dans un état de viabilité assez défectueux, et les routes royales, qui sont rares, et de quelques routes provinciales qui ne desservent que les localités, la circulation, difficile en été, devient impossible pendant la mauvaise saison.

Une des causes principales de cet état de choses est le prix élevé des matériaux d'empierrement de ballast qui varie de 10 à 15 francs par mètre cube. Le budget de l'État ou des comitats (provinces)

excessives pour faire face aux frais d'un entretien normal aussi coûteux, et il est d'usage de faire les rechargements avec du sable ou du gravier terreux, qui ne tarde pas à disparaître dans l'épaisse couche de boue de la route.

Les produits agricoles destinés à l'exportation doivent donc être transportés aux stations de la voie ferrée pendant la courte période de saison sèche, comprise entre la fin des récoltes et l'entrée de l'hiver.

Durant ce temps, l'abondance des arrivages produit un mouvement très-actif dans les stations ; les emplacements de dépôts sont quelquefois insuffisants ; le matériel roulant, qui chôme en partie aux autres époques de l'année, ne suffit plus à ces besoins exceptionnels, et le commerce ne manque pas d'élever des réclamations sur la négligence du chemin de fer.

La nécessité de bonnes voies de communication aboutissant à la voie principale est, pour cette contrée comme pour les chemins de fer, plus évidente que partout ailleurs. Les matériaux d'empierrement étant en général trop coûteux, et l'entretien des routes occasionnant des frais exorbitants, la création de voies ferrées transversales à bon marché, dans les parties les plus productives ou dans celles où il se trouve des éléments industriels susceptibles de développement, paraît être la solution la plus économique et conciliant le mieux tous les intérêts.

L'établissement de ces embranchements aurait pour conséquence d'introduire une allure plus régulière dans le mouvement des marchandises, par suite de la possibilité de circuler au même prix en toute saison, et d'amener un accroissement de produits et d'affaires commerciales sur toute la zone desservie par la ligne principale, se traduisant par une augmentation de recettes.

L'intérêt de la Société autrichienne lui commande donc de prendre une part active au développement de ces lignes transversales.

Quant aux populations appelées à jouir des bienfaits de ces embranchements, elles en ressentent l'impérieuse nécessité; malheureusement leurs ressources limitées ne leur permettent pas d'apporter un concours bien efficace à leur construction. Ce concours s'est borné jusqu'à présent à la cession gratuite, par les communes et les particuliers, d'une partie des terrains et à quelques subventions insignifiantes.

Les sacrifices faits par les provinces tendent toutefois à devenir plus sérieux et, tout récemment, il a été proposé à la Société autrichienne de construire deux embranchements, moyennant une garantie d'intérêts au taux réduit de 5,2 p. 100 souscrite par l'administration provinciale. Cette nouvelle forme de coopération de la part des provinces est actuellement soumise à l'étude.

En ce qui touche l'État, le chiffre relativement élevé des subventions données aux grandes lignes, et la situation générale de ses finances, ne lui permettent pas de subventionner les lignes ne desservant que des intérêts locaux. Il a accordé ce qui pouvait être réclamé de lui, savoir : des simplifications importantes dans les conditions de construction et d'exploitation, et une exemption momentanée de taxes et d'impôts.

Malgré ces facilités, le manque d'industrie, l'absence de capitaux et l'état peu développé de l'esprit d'association et d'entreprise sont les motifs pour lesquels ces embranchements ne sont pas exécutés, comme dans d'autres pays, par des sociétés locales, et les grandes sociétés, possédant déjà les lignes de long parcours, sont seules en état de les entreprendre.

Deux circonstances d'ailleurs rendent possible l'exécution de quelques lignes de cette nature par la Société autrichienne : c'est d'abord la configuration favorable du terrain, et ensuite le prix élevé des transports sur les routes et chemins ordinaires, prix permettant de maintenir, sur les

CHEMINS DE FER SECONDAIRES EN

chemins de fer secondaires, des tarifs atteindre un chiffre de produit net suffisant. On paye en moyenne pour les transports de 0^f,17 à 0^f,20 par 50 kilogrammes et par kilomètre, ce qui donne de 0^f,45 à 0^f,55 par tonne et par kilomètre.

Les trois classes de tarifs approuvés pour les chemins secondaires sont : 0^f,05, 0^f,07, 0^f,10 par kilomètre, ce qui équivaut à 0^f,135, 0^f,165 et par kilomètre.

La différence avec le prix de transport par tonne kilométrique, varie de 0^f,367 à 0^f,450. La grande partie des transports, d'où il résulte que la recette par la contrée est de trois à quatre fois la recette du chemin de fer. Ces tarifs, dans certains cas, être augmentés, pour assurer, au point de vue financier, de la rentabilité réclamées à juste titre comme indispensablement de la prospérité du pays. Du reste, pour les faibles parcours, les tarifs élevés s'appliquent, pour les distances, ne grèvent pas beaucoup les transports destinés à l'exportation.

Sur les sollicitations des populations de la région autrichienne a entrepris l'exécution de nouvelles lignes secondaires de Valkany à Voitek à Bogsan, dont les longueurs sont de 43.353 mètres et de 47.367 mètres.

Les frais de construction et d'exploitation sont à maintenir pour ces lignes la largeur de voie avec un rail léger et une plate-forme étroite.

Dans un terrain facile l'emploi de la voie étroite ne fait pas beaucoup la dépense, et il exige un matériel roulant spécial assez coûteux, pour éviter, afin d'employer sur les embranchements le matériel de la grande ligne. Nous indiquons le mode d'établissement.

I. — Conditions spéciales des secon

Les stipulations particulières de la Société autrichienne des chemins secondaires en minimum les dépenses de piment principalement dans le

1) Exonération des impôts de trente ans.

2) Diminution de largeur et autorisation de construire, au gré de la Société, des ouvrages d'art en bois.

3) Réduction du poids du rail, des dimensions de verses et de l'épaisseur du ballast.

4) Simplification des dispositions des gares et stations tant pour les voies que pour les bâtiments.

5) Suppression de la plus grande partie des maîtres garde, de la surveillance des passages à niveau et de tures de la voie.

Par contre, la vitesse moyenne des trains a été limitée à 18^k,75 à l'heure. Cette restriction est la conséquence des facilités spéciales énumérées précédemment.

En dehors de l'exemption d'impôts, l'État n'a accordé aucune garantie d'intérêts aux chemins secondaires.

Les conditions libérales consenties par l'État pour la construction proprement dite étaient d'ailleurs impérieusement commandées par le chiffre limité des recettes.

Dans la plus grande partie de la zone traversée par la ligne principale du Sud-Est, il y a très-peu d'industries et les produits agricoles représentent la plus grande sorte de marchandises que les lignes transversales sont appelées à transporter, et leur tonnage est d'une importance considérable.

La circulation sur ces embranchements, établis dans des contrées dépourvues d'industrie, n'est susceptible que de progrès très-lents et très-limités. L'augmentation du trafic ne peut provenir que du développement industriel, et en général les éléments font défaut sous ce rapport.

Ce serait se faire illusion que d'espérer pour ces petites lignes des résultats analogues à ceux obtenus sur les grandes lignes, au point de vue des progrès du trafic.

Il est donc d'une nécessité absolue, sous peine de dépenser sans fruit des capitaux plus ou moins importants, d'observer dans la construction de ces lignes les règles de la plus stricte économie.

Les deux chemins de Valkany à Perjamos et de Vojtek à Bogsan, dont nous indiquerons plus loin les prix de revient, ont été établis d'après ces principes. Les indications que nous donnons n'offrent, il est vrai, aucun intérêt au point de vue technique : car il ne s'agit pas de solution donnée à des difficultés d'exécution, mais elles peuvent avoir leur utilité en faisant ressortir les prix très-réduits auxquels ces embranchements peuvent être établis, en profitant de toutes les facilités offertes par l'acte de concession et en s'écartant sensiblement des types de nos lignes principales.

II. — Ligne secondaire de Valkany à Perjamos.

INDICATION DES CONDITIONS PRINCIPALES D'ÉTABLISSEMENT.

Date de l'ouverture. — Les travaux de cette ligne, commencés dès le mois de mars 1870, ont été terminés dans une seule campagne, et l'ouverture à l'exploitation a pu avoir lieu le 26 octobre de la même année.

La longueur totale de la ligne est de 43.358 mètres.

Tracé. — Il se détache de la station de Valkany, située entre Szegedin et Temesvar (voir la carte, fig. 1, Pl. 13),

et se dirige vers Perjamos, en remontant la vallée de Maros, sans toutefois traverser l'Aranka, bras mort de Maros, qui sert de déversoir en temps d'inondation.

Sur tout ce parcours le terrain ne présente que des ondulations sans importance, et se trouve pour un tracé de chemin de fer dans des conditions très-favorables.

Les inflexions du tracé ont surtout été motivées par la condition, importante surtout pour les lignes secondaires, de rapprocher autant que possible les stations des localités à desservir. Ces stations sont au nombre de cinq, savoir : Bessenova, Sz. Miklos, Szaravola, Rác Sz. Peter et Perjamos.

Sur quelques points il a été aussi nécessaire d'infléchir le tracé, afin de ne pas franchir inutilement l'Aranka. Ce cas s'est présenté notamment entre Szaravola et Rác Sz. Peter.

Terrains. — Les terrains nécessaires pour la voie courante et les emplacements des stations ont été cédés gratuitement à la Société autrichienne par les communes traversées. La commune d'Egres seule a fait exception, à cause de son éloignement du tracé.

Sur la surface totale occupée, s'élevant à 114 hectares 79 ares, la Société n'a eu à acquérir que la partie située sur le territoire de cette commune et comprenant seulement 1 hectare 66 ares.

Cette acquisition n'a coûté que 3.075 francs, soit 1.852 francs par hectare.

La largeur moyenne des emprises est de 26^m,47, y compris les emplacements des stations.

Profil en long. Alignements et courbes. — Les déclivités du profil sont presque nulles. La différence de niveau entre les deux extrémités de la ligne n'est que de 15^m,19, ce qui donne une pente moyenne de 0^m,00035. En réalité, la plus forte déclivité est de 0^m,0025.

La configuration uniforme du terrain a permis de main-

d'une grande longueur. Sur le déve-
43.353 mètres, les parties en courbe
4.336^m,19, soit sur 10 p. 100 du

nombre de seize, dont dix de 1.000 mè-
tres, deux de 500 mètres et deux de
Ces dernières ont été appliquées aux
fin de placer celles-ci dans une situa-
ivement aux localités qu'elles desser-

ouvrages d'art. — Les dimensions du
rit par l'acte de concession sont indi-
6.

été maintenue en remblai sur tout le
tion, d'une réalisation facile dans un
e, a rendu l'exécution des terrasse-
rapide, en permettant de les entre-
it sur toute la ligne, par voie d'em-
s matériel spécial de transport.
se n'exerce ici aucune influence sur
puisque les terrains ont été cédés

rassements s'est élevé à 197.000^m,15,
45 par mètre courant.

ont sans importance. En voici le dé-
le 2 mètres, quatorze aqueducs de
ics de 60 centimètres. Ces ouvrages
c voûte en briques quand la hauteur
ante, sinon ils se composent de deux
poutres en bois placées sous les rails.
— Le poids du rail est, conformé-
oncession, de 25^k,30 par mètre cou-
mensions sa résistance suffit pour le

it 3^k,50 l'une; les boulons 0^k,41 et les

passage des voitures et wagons de la ligne principale, ce qui dispense de créer un matériel spécial. Le rail en fer de la ligne principale pesant 37 kilogrammes, la réduction de poids est de 11^k,70 par mètre courant, et représente une économie assez notable (*fig. 2 et 3*).

Les traverses ont aussi des dimensions plus faibles que celles de la ligne principale. Ces dimensions sont : 2^m,35 de longueur, 0^m,13 d'épaisseur et 0^m,22 à 0^m,24 de largeur.

Le ballast revient dans cette partie de la Hongrie à un prix relativement élevé, et il y avait intérêt à le réduire au plus strict nécessaire. Les dimensions adoptées de 2^m,80 pour la largeur en couronne, et de 0^m,25 pour l'épaisseur, donnent un cube de 0^m,76 par mètre courant de voie simple, abstraction faite du volume des traverses.

Les détails relatifs à la superstructure sont indiqués dans un tableau séparé (page 624) et font ressortir le prix de revient total par mètre linéaire de chemin à 42^f,62.

Bâtiments et divers. — Les installations des stations sont réduites à leur plus simple expression. Le type généralement employé est représenté (*fig. 13*) par le plan de la station de Gattaja.

La simplicité du mode de construction en usage dans la contrée traversée a permis d'appliquer des types extrêmement simples pour les bâtiments à voyageurs et les maisons de garde. Ces types sont indiqués par le dessin des *fig. 17 et 18* pour les stations de Sz. Miklos et de Perjamos. Les hangars à marchandises sont en bois.

Deux petites remises de machines, avec logement (*fig. 19*) ont été établies aux stations extrêmes, avec des réservoirs d'alimentation (*fig. 15 et 16*). Il existe en outre une prise d'eau de réserve à la station de Sz. Miklos, située à peu près au milieu du parcours.

Locomotives. — Par suite de la réduction du poids du rail, on a dû créer, pour le service des lignes secondaires,

spéciales dont le poids par essieu ne dépasse pas celui des essieux de wagons à pleine charge. Elles sont construites sans essieux accouplés, et portent leurs approvisionnements de charbon dans des compartiments latéraux. A la vitesse ordinaire de 15 kilomètres par heure, ces machines peuvent remorquer jusqu'à 400 tonnes.

Il en existe au nombre de trois. Le prix de revient est élevé à 42.500 francs.

On a indiqué dans les tableaux qui suivent les données que l'on fait habituellement ressortir pour les travaux neufs.

Le coût y compris les intérêts pendant la construction spéciale, s'élève à 2.743.567',12, soit à 63.277',05.

Terrassements et ouvrages d'art.				
Travaux de terrassements.	197.649,40	242.573,02	4.552,35	5.007,77
Ouvrages d'art.	45.223,62		1 013,02	
Ballastage.	143.091,07	143.091,07	2.300,22	2.292,30
Établissement des voies.				
Rails.	996.523,43		22.983,60	
Autres matériaux métalliques.	108.801,92		2.509,37	
Traverses, bois spéciaux, etc.	158.509,22		3.635,83	
Sabotage, pose des voies, transports.	382.974,52	1.706.055,02	8.831,85	30.348,90
Croisements, changements, plaques tournantes.	48.192,33		1 111,50	
Divers.	11.053,60		254,95	
Bâtiments et accessoires.				
Stations.	202.058,37		4.660,30	
Maisons de garde, barrières, etc.	58.549,10		1.350,26	
Télégraphe, signaux, etc.	21.007,12	380.265,07	484,50	8.720,35
Constructions relatives aux alimentations d'eau.	89.633,95		2.067,30	
Divers.	9.018,53		207,87	
Matériel roulant.				
Trois locomotives spéciales.	127.500,00	127.500,00	2.940,02	21
Totaux.		2.743.567,12		61

LIGNE DE VALKANY A PERJANOS.

Acquisition de terrains.

INDICATION DES OBJETS.	TOTAUX.
Longueur du chemin.	43.358 ^m ,00
Nombre des communes traversées.	8
Superficie des terrains achetés.	1 ^h ,66 ^a
— — — — — reçus gratuitement.	113 18
Largeur moyenne des emprises.	26 ^m ,47
Montant des indemnités payées.	3.075 ^{fr} ,00
Prix moyen de 1 hectare acheté.	1.852 ^{fr} ,50
Dépenses accessoires.	15.348 ^{fr} ,12
Dépense totale.	18.423 ^{fr} ,12
Dépense moyenne par hectare.	160 ^{fr} ,47
Dépense moyenne par kilomètre.	425 ^{fr} ,00

Terrassements et ouvrages d'art.

DÉSIGNATION.	DÉPENSES		TERRASSEMENTS.			OUVRAGES D'ART.		
	totales.	mètre - cubes.	CUBE		PRIX	Nombre.	Somme des ouvertures.	PRIX
			total.	par mètre linéaire.				
	francs.	francs.			fr.			francs.
Terrassements.	197.649,40	4.558,55	197.060,13	4,545	1,00	»	»	»
Ouvrages d'art.	45.223,62	1.043,02	»	»	»	32	36,00	1.256,90
Totaux. .	242.873,02	5.601,57	197.060,13	4,545	1,00	32	36,00	1.256,90

LIGNE DE VALKANY A PERJAMOS.

ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE.

I. — Longueur des voies posées.

1° Pour la voie unique du chemin.	43.358,00	mètres
2° Voies de garage dans les stations, y compris celles de la station d'embranchement à la charge du chemin secondaire.	3.927,00	
Longueur totale.	47.285,00	
Longueur des voies par mètre linéaire de chemin	$\frac{47.285,00}{43.358,00} = 1,090.$	

II. — Prix d'un mètre linéaire de voie.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	QUANTITÉS.	PRIX.	DÉPENSES.	OBSERVATIONS.
Une travée de 7 mètres.		francs.	francs.	
Rails. . . . (2 × 7) × 25 ¹ / ₂ la tonne.	354,20	419,12	148,45	
Eclisses. . . 4 × 3,5	14,00	419,12	5,87	
Boulons. . . 8 × 0,41	3,28	852,50	2,80	
Crampons. . 32 × 0,31	9,92	550,00	5,45	
Traverses non carbonisées. la pièce.	8,00	3,00	24,00	
Ensemble pour une longueur de 7 mètres. . . .			186,57	
Soit pour 1 mètre linéaire environ.			26,67	
Pose des voies, transports et divers accessoires.			8,13	
Ensemble.			34,80	
Et si l'on y ajoute le ballastage.			3,02	
On trouve le prix total du mètre linéaire de voie.				37,82
Ajoutant les dépenses pour changements de voie, plaques tournantes et divers.				1,27
On trouve la dépense totale indiquée ci-après.				39,09

III. — Dépense par mètre linéaire.

NATURE DES OUVRAGES.	DÉPENSE totale.	DÉPENSE par mètre linéaire		OBSERVATIONS.
		de chemin.	de voie.	
	francs.	francs.	francs.	
Ballastage.	143.091,07	3,30	3,02	
Etablissement des voies.	1.706.055,02	39,82	36,07	
Totaux.	1.849.146,09	42,62	39,09	

LIGNE DE VALKANY A PERJAMOS.

STATIONS.

Tableau des dépenses de toute nature.

DÉSIGNATION des stations.	DÉPENSES pour les diverses constructions.			DÉPENSES pour les voies de garage, matériel, etc.			DÉPENSES totales.
	Bâtiments pour le service des voyageurs.	Bâtiments pour le service des marchan- dises et divers.	Ensemble.	Doubles voies, change- ments, plaques tournantes, etc.	Matériel et mobilier.	Ensemble.	
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
station d'em- branchement, part tributive.	29.995,00	42.432,55	72.427,55	63.498,40	1.340,00	64.838,40	137.265,95
Novak.	15.105,90	8.550,00	23.655,90	28.930,40	1.946,77	30.877,17	54.533,07
Miklos.	21.090,00	58.352,32	79.442,32	38.674,25	2.378,25	41.052,50	120.494,82
Volak.	15.105,90	8.550,00	23.655,90	20.664,65	1.946,77	22.611,42	46.267,32
Perjam.	15.105,90	8.550,00	23.655,90	16.444,25	1.946,77	18.391,02	42.046,92
Perjos.	21.090,00	56.776,27	77.866,27	51.722,32	2.595,75	54.318,07	132.184,34
Totaux.	117.492,70	183.211,14	300.703,84	219.934,27	12.154,31	232.088,58	532.792,42

Dans les dépenses afférentes à la station d'embranchement de Valkany est com-
prise la participation aux dépenses de la ligne principale, s'élevant à 29.995 francs.

Etat des dépenses du matériel de la voie et des alimentations.

QUANTITÉS.	DÉSIGNATION DES OBJETS,	MONTANTS		DÉPENSE par kilomètre de ligne.
		partiels.	totaux.	
	Matériel de voie.	francs.		
18	Changements (tang 0,128).	30.233,52		
2	Plaques tournantes, 4 ^m .68 de dia- mètre.	17.958,80	francs.	francs.
			48.192,32	1.111,47
	Alimentations.			
3	Réservoirs à fond sphérique, de 6 ^m ,5 de diamètre.	20.283,08		
3	Pompes à vapeur de 2 chevaux. . . .	24.188,47		
4	Grues hydrauliques.	4.147,80		
350 mètres.	De conduite d'eau de 105 millimètres de diamètre.	3.660,30		
	Robinets, bornes-fontaines, etc. . . .	1.663,00		
3	Bâtiments d'alimentation de 64 mè- tres carrés, avec puits.	35.691,30		
			89.633,95	2.067,30
	Totaux.		137.826,27	3.178,77

III. — Ligne secon

INDICATION SOMMAIRE

Cette ligne, d'une longueur de 10,5 km, a été construite d'après le même type que la ligne de Valkany à Pezomlyst. Elle a été cédée à la Société autrichienne le 3 janvier 1870, et mise en service le 5 septembre 1874.

En dehors de la station d'embranchement de Valkany, les stations de cette ligne sont au nombre de six, Gattaya, Moritzfeld, Gyertenies, Zeidorin, Roman et Deutsch-Bogsan.

Tout en desservant les intérêts agricoles et industriels de la contrée traversée, cet embranchement a pour but, par sa jonction à Deutsch-Bogsan avec la ligne de mines de Reschitza à Eisenstein, de mettre en communication les usines importantes de Reschitza en communication interrompue, par voie ferrée, avec la ligne principale. (Voir fig. 14 le plan de la station commune de D. B.)

De même que pour la ligne de Valkany à Pezomlyst, une partie des terrains a été cédée gratuitement à la Compagnie. Le rayon minimum des courbes a pu être maintenu à 100 mètres; mais par suite de la configuration plus accidentée du terrain, les déclivités sont plus fortes, sans toutefois dépasser 0^m,008; le mouvement des terres est plus considérable et le nombre des ouvrages d'art plus grand. Nous citerons notamment parmi ces derniers le pont de la Bersava, de 48 mètres de débouché. (Voir les fig. 9, 10, 11 et 12.)

Les tableaux suivants, analogues à ceux de la ligne de Valkany à Pezomlyst, indiquent les résultats obtenus dans l'établissement de celle de Valkany à Bogsan.

LIGNE DE VOJTEK A DOGSAN.

Tableau général de toutes les dépenses faites.

NATURE DES DÉPENSES.	DÉPENSES générales		DÉPENSES kilométriques	
	partielles.	totales.	partielles.	totales.
Frais généraux.	francs.	francs.	francs.	francs.
Personnel, frais d'études, etc. . .	298.997,60	298.997,60	6.312,37	6.312,37
Mobilier d'exploitation.				
Mobilier des gares.	23.463,20	23.463,20	495,33	495,33
Aquisition de terrains.	75.892,10	75.892,10	1.602,20	1.602,20
Terrassements et ouvrages d'art.				
Travaux de terrassement.	493.940,23	739.708,05	10.427,03	15.616,55
Ouvrages d'art.	245.767,82		5.188,62	
Ballastage.	97.813,85	97.813,85	2.065,03	2.065,03
Établissement des voies.				
Rails.	866.637,50	1.401.205,25	18.296,22	29.581,87
Autres matériaux métalliques. .	71.560,00		1.510,80	
Traverses, bois spéciaux, etc. .	163.806,83		3.458,25	
Labotage, pose des voies, trans- ports, etc.	206.980,78		4.369,70	
Reinsements, changements, pla- ques tournantes.	37.732,87		796,60	
Divers.	54.487,25		1.150,30	
Bâtiments et accessoires.				
Stations.	251.339,22	417.453,87	5.306,20	8.813,17
Maisons de garde, barrières, etc.	75.468,83		1.593,27	
Télégraphe, signaux, etc.	23.130,20		488,32	
Constructions relatives aux ali- mentations d'eau.	68.008 77		1.330,18	
Divers.	4.508,85		95,20	
Matériel roulant.				
Deux locomotives spéciales. . .	105.768,93	105.768,93	2.232,98	2.232,98
Totaux.		3.160.302,85		66.719,50

ux. . . .	739.708,06	15.616,52	374.680,51	7,73	1,32	81	196,6	1.334,71
-----------	------------	-----------	------------	------	------	----	-------	----------

LIGNE DE VOJTEK A BOGSAN.

ÉTABLISSEMENT DES VOIES.

I. — Longueur des voies posées.

1° Pour la voie unique du chemin.	francs. 47.367,00
2° Voies de garage dans les stations, y compris celles de la station d'embranchement à la charge du che- min secondaire.	5.196,65

Longueur totale. 52.563,65

Longueur des voies par mètre linéaire de chemin $\frac{52.563,65}{47.367,00} = 1,109$.

II. — Prix d'un mètre linéaire de voie.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	QUANTITÉS.	PRIX.	DÉPENSES	OBSERVA- TIONS.
Une travée de 7 mètres.		francs.	francs.	
Rails. . . . (2 × 7) × 25 ^k ,3 la tonne.	354,20	315,00	111,57	
Scissés. . . . 4 × 3,5	14,00	315,00	4,41	
Boulons. . . . 8 × 0,41	3,28	600,00	1,97	
Trampons. . . . 32 × 0,31	9,92	500,00	4,96	
Traverses carbonisées. . . . la pièce.	8	3,07	24,56	
Ensemble pour une longueur de 7 mètres, . . .			147,47	
Coût pour 1 mètre linéaire:			21,02	
Pose des voies, transport et divers accessoires.			3,90	
Ensemble.			24,92	
Et si l'on y ajoute le ballastage.			1,85	
On trouve le prix total du mètre linéaire de voie.				26,77
Ajoutant les dépenses pour changements de voie, plaques tournantes et divers.				1,75
On trouve la dépense totale indiquée ci-après.				28,52

III. — Dépense par mètre linéaire.

NATURE DES OUVRAGES.	DÉPENSE totale.	DÉPENSE par mètre linéaire		OBSERVA- TIONS.
		de chemin.	de voie.	
Ballastage.	francs. 97.813,85	francs. 2,07	francs. 1,85	
Etablissement des voies.	1.401.205,25	29,58	26,67	
Totaux.	1.499.019,10	31,65	28,52	

LIGNE DE VOJTEK A BOGSAN.

STATIONS.

Tableau des dépenses de toute nature.

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION des stations.	DÉPENSES pour les diverses constructions.			DÉPENSES pour les votes de piquet, matériel, etc.		
		Bâtiments pour le service des voyageurs.	Bâtiments pour le service des marchan- dises et divers.	Ensemble.	Doubles voies, change- ments, plaques tournantes, etc.	Matériel et mobilier.	Ensemble.
		francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
1	Vojtek, station d'em- branchement, part contributive.	24.706,55	41.656,94	66.363,49	50.855,17	2.881,68	53.736,85
2	Gattaja.	20.163,03	32.951,52	53.114,55	23.170,58	2.871,25	55.985,83
3	Moritzfeld.	20.163,02	10.492,77	30.655,79	22.486,65	2.893,42	25.380,07
4	Gertenyes.	20.163,02	10.492,77	30.655,79	21.044,37	2.893,42	23.937,79
5	Zsidovin.	20.163,02	10.492,77	30.655,79	22.821,47	2.893,42	25.714,89
6	Roman-Bogsan.	20.163,02	10.492,77	30.655,79	22.023,07	2.893,42	24.916,56
7	Deutsch-Bogsan.	20.163,02	53.590,60	73.753,62	81.749,92	6.133,57	87.883,49
	Totaux.	145.684,68	173.170,14	318.854,82	244.151,23	23.463,18	267.614,41

Dans les dépenses afférentes à la station d'embranchement de Vojtek est comprise la participation aux dépenses de la ligne principale, s'élevant à 30.774^{fr.}07.

État des dépenses du matériel fixe de la voie et des alimentations.

QUANTITÉS.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	MONTANTS		DÉPENSE par kilomètre de ligne.
		partiels.	totaux.	
	Matériel de voie.	francs.		
29	Changements (tang 0,128).	27.521,75		
1	Plaque tournante de 4 ^m ,68 de dia- mètre.	10.211,13	francs. 37.732,88	francs. 736,88
	Alimentations.			
3	Réservoirs à fond sphérique de 4,8 de diamètre.	11.808,32		
1	Pompe à vapeur de 2 chevaux. . . .	8.687,65		
2	Pompes à bras avec deux volants. . .	2.970,67		
4	Grues hydrauliques.	4.308,00		
500 mètres	De conduite d'eau de 105 millimètres de diamètre.	5.833,98		
	Robinetts, bornes-fontaines, etc. . .	1.311,25		
3	Bâtiments d'alimentation de 23 ^m 4,50 avec puits.	28.087,50	63.086,77	1.301,54
	Totaux.		100.739,65	2.126,57

IV. Tableau comparatif des dépenses totales et kilométriques
des deux lignes : Valkany à Perjamos et de Vojtek à Bogsan.

CHA- PIRES.	ARTICLES DE DÉPENSES.	VALKANY-PERJAMOS, 48 kilom. 368 mètr.		VOJTEK-BOGSAN, 47 kilom. 367 mètr.	
		DÉPENSES D'EXÉCUTION			
		totales.	kilomé- triques.	totales.	kilomé- triques.
28	Frais d'études et de direc- tion de travaux.	francs. 58.500,89	francs. 1.349,25	francs. 163.050,55	francs. 3.442,27
29	Acquisition de terrains, ho- noraires.	18.423,13	424,90	75.892,10	1.602,20
30	Terrassements, y compris ceux des stations.	191.399,40	4.414,40	488.616,35	10.315,55
31	Travaux d'art.	43.973,72	1.014,20	244.106,80	5.153,52
32	Voie et ballastage.	1.797.896,10	41.466,30	1.448.163,92	30.573,27
33	Bâtiments des stations. . .	181.074,90	4.176,27	225.074,00	4.751,70
33	Alimentations, grues, con- duites d'eau.	89.633,95	2.067,30	63.006,77	1.330,18
33 et 35	Maisons de garde, passages à niveau.	57.299,10	1.321,53	71.639,22	1.512,43
34	Mobilier des stations. . . .	10.904,32	251,50	22.078,45	466,13
36	Télégraphe à un fil.	21.007,12	481,50	22.783,70	481,00
46	Mise en train de l'exploita- tion	1.099,27	25,35	16.660,18	351,75
39	Matériel roulant, locomo- tives.	127.500,00	2.940,63	105.768,93	2.232,96
"	Part contributive de la sta- tion de raccordement. .	91.250,00	2.101,57	94.175,00	1.988,20
"	Intérêts pendant la con- struction.	53.605,22	1.236,35	119.286,88	2.518,35
	Totaux.	2.743.567,12	63.277,05	3.160.302,85	66.719,50

Résultats gé

neur totale du c

I. Acquisition

eur moyenne des
moyen de l'hect
res compris. . .

II. Terrai

total des terrai
moyen par mèt
moyen par mèt
nt.

III. Ouvri

bre total des ouv
rtures, ensemble
rture moyenne
moyen par mè
re.
moyen par kilom

IV. Vole

d'un mètre liné
mpris.
gueur des voies
longueur du che
msee par mètre li

V. Sta

bre des stations
acement moyen c

Observ

es chiffres qu
ypes éconon
exploitation
ction peuve
eintes.

de dépense kil
ndaires ne d
ation que d
ente pas de
n ce qui con

à tirer des tableaux qui précèdent peu-
insi qu'il suit :

La largeur des emprises est de 26^m,47
jamos, et de 21^m,76 pour Vojtek-Bogsan.
[à la première ligne vient de ce que les
é cédés gratuitement à peu près en tota-
ns ordinaires des banquettes, les surfaces
, ont été un peu augmentées.

uite des terrains dans la plus grande pro-
est un avantage des plus importants,
u point de vue économique, mais aussi à
qui en résultent pour l'exécution rapide

— La comparaison des cubes moyens
e et des prix de revient par mètre cube
différences, qui s'expliquent :

à moyen, qui est plus grand pour Vojtek-
Valkany-Perjamos, par la nature plus
rain sur cette première ligne ;

de revient, par la nécessité de l'emploi
écial de transport et l'importance plus
vements de terres. Cette différence n'est

Entefois que de 1^f,32 — 1^f,00 = 0^f,32.

Ouvrages d'art. — Le nombre des ouvrages a été beau-
ip plus grand pour Vojtek-Bogsan que pour Valkany-
jamos. On remarquera que le prix par mètre linéaire d'ou-
ture est resté sensiblement le même sur les deux lignes.
La dépense kilométrique est environ cinq fois plus grande
ur Vojtek-Bogsan que pour Valkany-Perjamos. Cela tient
e que cette dernière ligne se trouvait sous ce rapport
ns des conditions exceptionnellement favorables.

Voie. — Les longueurs totales des voies posées, compa-
rées à celles des lignes, sont :

1.090 pour Valkany-Perjamos,
1.109 pour Vojtek-Bogsan.

Ces proportions sont sens

Les prix par mètre linéa
pour Valkany-Perjamos et
dernier prix est bien inféri
réduction sur le prix des r
sur la fourniture du ballast
tière à Bogsan.

Stations. — Le nombre
Valkany-Perjamos, et de six sur vojtek-bogsan. Les prix un
revient kilométrique sont de 4.176^f,27 pour la première
ligne, et de 4.751^f,70 pour la seconde ligne. Cette diffé-
rence est peu importante, et vient de ce que sur Valkany-
Perjamos on a appliqué dans trois stations un type de
dimensions plus petites que celles du type normal.

Les surfaces occupées et les dispositions des
mettent toutes les extensions que l'augmentati
pourrait ultérieurement rendre nécessaires.

Dépenses totales. — La dépense kilométrique

Pour Valkany-Perjamos.	65.2
Pour Vojtek-Bogsan.	66.7
	<hr/>
Différence.	3.4

Cette différence s'explique par les travaux
plus importants de l'infrastructure, dont l'ex-
tefois a été en grande partie compensé par les
réalisées sur la voie et le ballastage.

N° 29

DÉTERMINATION DE LA PRESSION

DANS LES

CHAUDIÈRES A VAPEUR CYLINDRIQUES

Board of Trade, août 1874 (*).

INSTRUCTIONS

POUR LES CONTRÔLEURS.

Le *Board of Trade* a été fréquemment prié de publier le détail des règles qui guident ses conseillers dans la fixation de la pression des chaudières à vapeur. Ces règles ont été réunies dans la présente circulaire pour servir aux ingénieurs et aux constructeurs de chaudières.

Quand les chaudières sont construites avec les meilleurs matériaux, que tous les trous de rivets ont été percés au foret, sur place, que toutes les coutures sont pourvues de doubles couvre-joints ayant au moins les $\frac{5}{8}$ de l'épaisseur des tôles qu'ils recouvrent, que toutes les coutures ont au moins deux rangs de rivets, et que les rivets ne supportent pas un effort de plus de 50 p. 100 supérieur à celui qui résulterait du cisaillement simple, que les chaudières, enfin, ont pu être soumises à l'inspection des contrôleurs, pendant toute la durée de la construction, quand toutes ces conditions sont réunies, le nombre 6 peut être adopté comme facteur de sécurité. Néanmoins, les chaudières doivent être éprouvées, au moyen de la presse hydraulique, au double de la pression de régime, en présence et à la satisfaction des contrôleurs du *Board of Trade*.

Mais quand les conditions ci-dessus énumérées ne sont pas remplies, le facteur 6 doit être augmenté des nombres, indiqués dans le tableau ci-dessous, correspondant aux cas qui peuvent se présenter.

(*) Traduction de la circulaire n° 755.

$$\frac{M. 4.596}{1873} \text{ \& } \frac{11.410}{1874}.$$

	A AJOUTER au facteur 6.	
A	0,15	Quand tous les trous sont corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales, mais qu'ils ont été percés au poinçon avant l'assemblage et après le cintrage.
B	0,30	Quand tous les trous sont corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales, mais qu'ils ont été percés au poinçon avant l'assemblage et avant le cintrage.
C	0,30	Quand tous les trous sont corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales, mais qu'ils ont été percés au poinçon après le cintrage.
D	0,50	Quand tous les trous sont corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales, mais qu'ils ont été percés au poinçon avant le cintrage.
E*	0,75	Quand tous les trous ne sont pas corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales.
F	0,10	Quand les trous sont tous corrects et régulièrement percés dans les coutures transversales, mais percés au foret avant l'assemblage et après le cintrage.
G	0,15	Quand les trous sont corrects et percés régulièrement dans les coutures transversales, mais forés avant le cintrage.
H	0,15	Quand les trous sont corrects et percés régulièrement dans les coutures transversales, mais percés au poinçon après le cintrage.
I	0,20	Quand les trous sont corrects et percés régulièrement dans les coutures transversales, mais percés au poinçon avant le cintrage.
J*	0,20	Quand les trous ne sont pas corrects et percés régulièrement dans les coutures transversales.
K	0,20	Quand les coutures longitudinales ne sont pas pourvues de doubles couvre-joints et qu'elles sont à clin et rivées à deux rangs de rivets.
L	0,10	Quand les coutures longitudinales ne sont pas pourvues de doubles couvre-joints et qu'elles sont à clin et rivées à trois rangs de rivets.
M	0,30	Quand les coutures longitudinales sont pourvues de couvre-joints simples et qu'elles sont rivées à deux rangs de rivets.
N	0,15	Quand les coutures longitudinales sont pourvues de couvre-joints simples et rivées à trois rangs de rivets.
O	1,00	Quand il y a une couture longitudinale quelconque rivée à un seul rang de rivets.
P	0,10	Quand les coutures transversales sont pourvues de couvre-joints simples et rivées à deux rangs de rivets.
Q	0,20	Quand les coutures transversales sont pourvues de couvre-joints simples et rivées à un seul rang de rivets.
R	0,10	Quand les coutures transversales sont pourvues de couvre-joints doubles et rivées à un seul rang de rivets.
S	0,10	Quand les coutures transversales sont à clin et rivées à deux rangs de rivets.
T	0,20	Quand les coutures transversales sont à clin et rivées à un seul rang de rivets.
U	0,25	Quand les coutures transversales sont à clin et que le recouvrement n'est pas fait dans un seul et même sens.
V	0,30	Quand les coutures transversales ne sont pas pourvues de doubles couvre-joints et rivées à deux rangs de rivets. Quand la chaudière est d'une longueur telle qu'on doive la chauffer par les deux extrémités ou qu'elle est d'une longueur inusitée comme les chaudières à carneaux intérieurs.
W*	0,40	Quand les joints ne sont pas convenablement croisés.
X*	0,40	Quand il y a des doutes sur la qualité du fer, que le contrôleur ne le considère pas comme de la meilleure qualité.
Y	1,65	Quand la chaudière n'a pas été soumise à l'inspection du contrôleur pendant toute la durée de sa construction.

* Dans les cas marqués d'une *, le nombre à ajouter au facteur de sécurité peut être augmenté si la main-d'œuvre ou la qualité des matériaux laisse beaucoup à désirer.

nce des joints se détermine par la méthode

$$\frac{\text{Diamètre des rivets} \times 100}{\text{axe en axe.}} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rapport de la résistance de la tôle au joint,} \\ \text{à la résistance de la même tôle hors du} \\ \text{joint. — Celle-ci étant supposée égale} \\ \text{à 100.} \end{array} \right.$$

$$\frac{\text{de rangs de rivets} \times 100}{\times \text{Épaisseur de la tôle.}} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rapport de la résistance des rivets à la} \\ \text{résistance de la tôle hors du joint, —} \\ \text{Celle-ci étant supposée égale à 100 (t).} \end{array} \right.$$

et par double échalllement, ce rapport doit être multiplié par 1,5.

nce du fer étant admise comme égale à 23 tonnes livres par pouce carré, on prend, pour résistance du joint, le plus faible des deux lessus et l'on adopte, pour la valeur du facteur le nombre qui résulte de l'application des précédent tableau; la charge P des soupapes livres, par pouce carré, est alors déterminée le suivante :

$$\frac{\text{Résistance du joint} \times \text{deux fois l'épaisseur de la tôle en pouces.}}{\text{le intérieur de la chaudière en pouces} \times \text{facteur de sécurité.}}$$

qui ont été forées sur place doivent être débavures enlevées et les trous légèrement fraisés.

Les joints doivent être pris dans les tôles (et non dans le fer plat), et doivent être d'aussi bonne qualité que les tôles de l'enveloppe; pour les joints longitudinaux, ils doivent être débités dans le travers des feuilles.

Les trous de rivets, dans les couvre-joints, peuvent être percés au foret ou au poinçon, selon qu'ils sont percés au foret ou au poinçon dans les tôles avant l'assemblage; mais quand ils ont été percés sur place, les couvre-joints doivent être démontés, les bavures enlevées et les trous légèrement fraisés à l'extérieur.

Quand on emploie des couvre-joints simples et que les trous des rivets y sont percés au poinçon, leur épaisseur doit être de $\frac{1}{4}$ plus forte que celle des tôles qu'ils recouvrent.

Le diamètre des rivets ne doit pas être inférieur à l'épaisseur des feuilles dont se compose l'enveloppe, mais quand les plaques sont minces ou quand on fait usage de joints en double de couvre-joints simples, il est nécessaire que le diamètre des rivets soit supérieur à l'épaisseur des tôles.

Signé THOMAS GRAY.

■

●

ES DES PONTS ET C

CHRONIQUE.

Junin 1876.

N° 30

universelle de Philadelphie. —
énieurs civils nous demande de sa
vitième assemblée générale à Pl
ncipal de l'Exposition, galerie
invite à y assister ceux des me
ussées que l'Exposition aura pu
de l'Atlantique; elle s'applaudit
rendre part à ses délibérations.

formules de quadratures. — Plus
pratique, à calculer des quadrat
considère la base divisée en un nc
égales entre elles et désignées par h , et si $y_0, 1$
ordonnées correspondantes, la formule des ti
mule approximative suivante :

$$T = h \left[(y_0 + y_1 + \dots + y_m) - \frac{1}{2} (y_1 + y_{m-1}) \right]$$

La formule de Poncelet est

$$T = h \left[2(y_1 + y_2 + \dots + y_{m-1}) + \frac{1}{3} (y_0 + y_m) \right]$$

Enfin la formule de Simpson est

$$S = \frac{1}{3} h [2(y_0 + y_2 + \dots + y_m) + 3(y_1 + y_3 + \dots + y_{m-1})]$$

Ces formules ont déjà été modifiées à divers
le but d'arriver à une plus grande approxima
de simplifier les calculs.

Ainsi M. Leclert, ingénieur des constructions, a donné une *formule des trapèzes modifiés* (*), qui est

$$T_1 = T + \frac{h}{6} (y_1 + y_{m-1} - y_0 -$$

et qui est plus approchée que la formule des

D'autre part, M. Catalan a donné la formule suivante, qui est une modification de la formule de Simpson :

$$S_1 = h \left[(y_0 + y_1 + \dots + y_m) - \frac{5}{8} (y_0 + y_m) + \frac{1}{6} (y_1 + y_{m-1}) - \frac{1}{24} (y_2 + y_{m-2}) \right].$$

M. le général du génie Parmentier a présenté au congrès tenu à Nantes (août 1875) par l'association française pour l'avancement

oscillants); les chaudières à retour de flamme fournissent vapeur à 5 atmosphères.

La durée du trajet (25 kilomètres) est de une heure et demie et la consommation de la houille est de 0',6.

Consommation de rails en France en 1875. — Nous trouvons dans les *Annales industrielles* des indications que nous résumons sur les quantités de rails en fer et en acier que les diverses compagnies de chemins de fer français ont fait recevoir aux usines en 1875.

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	RAILS EN FER.	RAILS EN ACIER.	TOTAL.
	kilog.	kilog.	kilog.
Chemin de fer du Nord.	2.500.000	38.604.000	41.104.000
Chemin de fer de l'Ouest.	1.795.400	11.999.100	13.794.500
Chemin de fer d'Orléans.	28.000.000	9.000.000	37.000.000
Chemin de P.-L.-M.	22.088.000	80.747.000	102.835.000
Chemin de fer de l'Est.	8.207.000	2.610.000	10.817.000
Chemin de fer du Midi.	20.095.000	2.470.000	22.565.000
Compagnies diverses.	14.203.619	5.230.694	19.434.313
Totaux.	96.889.019	120.660.794	217.549.813

En 1874, la quantité de rails en fer s'était élevée à 125.667.201 kilog. pour les rails en acier à 102.227.760 kilog., soit un total de 227.894.961 kilog.

Il y a donc en somme une diminution totale de 10.000 tonnes pour l'année 1875 : diminution qui s'élève à près de 29.000 tonnes pour les rails en fer, tandis qu'il y a une augmentation de 18.000 tonnes sur les rails en acier.

C. M. G.

TABLES
DES MÉMOIRES ET DOCUMENTS

PUBLIÉS
DURANT LE 1^{er} SEMESTRE DE 1876.

PREMIÈRE TABLE.

RÉCAPITULATION DES ARTICLES PAR ORDRE D'INSERTION.

NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.	INDICATION DES ARTICLES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des planches.
1	1	Notes recueillies dans une mission en Angleterre (1874) par MM. Poulet et Luneau, élèves ingénieurs des ponts et chaussées; analyse et extraits par M. Gariel, ingénieur des ponts et chaussées :		
		1° Nouveau rouleau compresseur.	5	2
		2° L'Albert Bridge, à Londres.	9	
		3° Comble de la station de Saint-Pancrace (Midland R ^w).	17	3
		4° Tramway à voie entièrement métallique du port de Glasgow.	28	
		5° Bateau-porte du nouveau bassin de radoub de Greenock.	30	
2	1	Alimentation en eau du fort Saint-Michel, à Toul : Notice par M. A. Picard, ingénieur des ponts et chaussées.	33	1
3	1	Instructions sur les opérations à faire pour la délimitation des cours d'eau navigables : note par M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées.	67	
4	1	Recensement de la circulation sur les routes; application du comptage ambulant : note par M. Latterrade, ingénieur en chef des ponts et chaussées.	71	
5	1	Chronique [Janvier 1876] : Société amicale de secours des anciens élèves de l'Ecole polytechnique : Discours prononcé à l'assemblée annuelle par M. Caillaux, ministre des travaux publics.	99	
6	1	M. de Bétancourt.	103	

		(suite) :		
		6° Chemins de fer. — Appareils de manœuvres des aiguilles et des signaux à la station de Cannon-Street (Londres).	150	
		7° Appareils de sûreté pour les aiguilles.	158	4
		8° Cabestans hydrauliques.	163	
		9° Nouveaux murs de quai du port de Glasgow.	168	5
11	2	Application des équations générales de la résistance des matériaux au problème de la stabilité des voûtes; par M. de Perrodil, ingénieur des ponts et chaussées.	178	5
12	2	Note sur les gisements actuels de guano au Pérou; par MM. Léon et Alfred Durand-Claye, ingénieurs des ponts et chaussées.	223	
		Chronique [Février 1876] :		
13	2	Dragages de la rade de Port-Saïd. — Emploi de la dynamite dans les travaux de déracinement et de démolition d'ouvrages en maçonnerie. — Consolidation de remblais argileux. — Réparation de maçonneries par des injections de mortier. — Chemins de fer et tramways : renseignements statistiques.	233	
14	3	De la propriété des alluvions dites <i>artificielles</i> : note par M. Schlemmer, ingénieur en chef des ponts et chaussées.	241	
15	3	Barrages mobiles à forte chute : mémoire par M. Boulé, ingénieur des ponts et chaussées.	300	6
16	3	Exploitation du chemin de fer de Perpignan à Prades : note par M. Normand, ancien élève externe de l'Ecole des mines.	375	
		Chronique [Mars 1876] :		
17	3	Exposition universelle de Philadelphie.	305	

NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.	INDICATION DES ARTICLES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des planches.
18	3	Chronique [Mars 1876] (Suite) : Les wagons-lits du colonel Mann. — La voiture à vapeur de M. Bollée (du Mans). — Rupture d'une digue de réservoir. — Nouveau système de pont mobile. — Appareil élévatoire pour les bateaux. — Grue flottante.	306	
19	4	Étude sur la baie de Saint-Jean-de-Luz; par M. Bouquet de la Grye, ingénieur hydrographe de la marine.	395	7, 8
20	4	Le canal de l'Est : note par M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées.	459	9
21	4	Détermination graphique des moments de flexion d'une poutre à plusieurs travées solidaires; par M. G. Fouret, ancien élève de l'Ecole polytechnique.	473	8
		Chronique [Avril 1876] : Exposition universelle de Philadelphie.	497	
22	4	Sifflet automoteur pour locomotive. — Abonnements kilométriques sur le chemin de fer de Lausanne à Echallens. — Pont de Riga sur la Duna.	497	
23	5	Assainissement de Berlin : note par M. Mille, inspecteur général des ponts et chaussées.	501	10
24	5	Endiguements de la Durance : étude par M. Hardy, ingénieur en chef des ponts et chaussées.	518	11
25	5	De quelques travaux récents relatifs à la théorie des voûtes : note par M. Ed. Collignon, ingénieur des ponts et chaussées.	539	
26	5	Chronique [Mai 1876] : Double décimètre de M. Castelneau. — Hydraulique des grands fleuves. — Chemins de fer (statistique). — Locomotive à air comprimé. — Action de la chaleur sur les ponts métalliques. — Bibliographie.	545	
27	6	Rapport au préfet de la Seine sur les travaux de la commission chargée d'examiner les questions qui se rattachent à l'assainissement des Halles centrales de Paris.	553	12
28	6	Notice sur la construction et les prix de revient des chemins de fer secondaires de Valkany à Perjamos et de Vojtek à Bogsan (Hongrie); par M. Fournier, inspecteur général de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'Etat.	603	13
29	6	Instructions données par le <i>Board of Trade</i> pour la détermination de la pression dans les chaudières à vapeur cylindriques.	627	
30	6	Chronique [Juin 1876] : Exposition universelle de Philadelphie. — Nouvelles formules de quadratures. — Bac à vapeur sur le lac de Constance. — Consommation des rails en France en 1875.	631	

DEUXIÈME TABLE.

ANALYSE DES MATIÈRES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE.

A

ABONNEMENT kilométrique (chemin de fer de Lausanne à Echallens), p. 499.

ACCUMULATEUR, p. 153.

AIGUILLES de chemins de fer, p. 130.

AIR comprimé (locomotive à), p. 547.

ALBERT-BRIDGE, p. 9.

ALIMENTATION en eau du fort Saint Michel. — Notice par M. Picard, ingénieur des ponts et chaussées, p. 33 à 66.

Chap. I. Évaluation des besoins et choix du mode d'alimentation, p. 33. — Chap. II. Conduite ascensionnelle, p. 36. — Chap. III. Pompe, p. 41. — Chap. IV. Turbine, p. 47. — Chap. V. Transmission de mouvement. — Réservoir d'air, p. 54. — Chap. VI. Bâtiment des machines, p. 56. — Chap. VII. Épreuves, p. 58. — Chap. VIII. Mode d'exécution et dépenses de premier établissement, p. 63. — Conclusions, p. 65, Pl. 1.

ALLUVIONS (propriété des), p. 241.

ANGLETERRE (mission en). Notes recueillies par MM. Poulet et Luneau, élèves ingénieurs des ponts et chaussées; Analyse et extraits par M. Gariel, ingénieur des ponts et chaussées, p. 5 à 32 et 150 à 177.

I. Nouveau rouleau compresseur pour cylindrage des chaussées, p. 5. — II. L'Albert Bridge, p. 9. — III. Comble de la station de Saint-Pancrace (Midland Railway), à Londres, p. 17. — IV. Tramways à voie entièrement métallique du port de Glasgow, p. 28. — V. Bateau porte de la nouvelle forme de radoub de Greenock, p. 30. — VI. Chemins de fer. — Appareils de manœuvre des aiguilles et des signaux à la station de Cannon street (Londres), p. 150. — VII. Appareils de sûreté pour les aiguilles, p. 158. — VIII. Cabestans hydrauliques, p. 163. — IX. Nouveaux murs de quai du port de Glasgow, p. 168. Pl. 2, 3, 4 et 5.

ARMSTRONG, p. 163.

ASSAINISSEMENT de Berlin. Règlements et travaux : note par M. Mille, inspecteur général des ponts et chaussées, p. 501 à 514.

1. Exposé, p. 501. — 2. La distribution d'eau à Vienne, p. 501. — 3. Assainissement de Berlin. État actuel, p. 502. — 4. Principes d'assainissement, p. 504. — 5. Règlements sur l'assainissement des habitations, p. 505. — 6. Canalisation des voies publiques, p. 507. — 7. Service des machines, p. 508. — 9. Résumé et conclusions, p. 512.

Documents annexes. I. Ordonnance de police, p. 514. — II. Arrêté du maire, p. 516. — III. Prescriptions de police, p. 517, pl. 10. **ASSAINISSEMENT** des Halles centrales de Paris. Rapport à M. le préfet de la Seine sur les travaux de la Commission chargée d'examiner les questions qui se rattachent à cet assainissement, p. 553 à 602.

Origine et composition de la Commission, p. 553. — Point de départ et programme sommaire des travaux de la Commission, p. 554. — Description générale des Halles centrales, p. 555. — Discussion relative à l'insalubrité des Halles, p. 563. — Moyens employés actuellement pour prévenir ou atténuer les causes d'infection, p. 567. — Améliorations proposées dans le service du nettoyage, p. 568. — Étude de nouveaux aménagements intérieurs, p. 572. — Assainissement des latrines existantes, p. 574. — Perfectionnements à introduire dans quelques agencements accessoires, p. 575. — Système général de ventilation à adopter, p. 576. — Mesures de police relatives à l'assainissement, p. 580. — Dépenses que comporte l'assainissement des Halles, p. 581. — Résumé et conclusions, p. 582.

Annexes : Liste des principaux ouvrages à consulter pour l'étude

TABLE ANALYTIQUE.

des questions relatives à l'assainissement des Halles, p. 584. — Rapport d'une Sous-Commission spéciale sur les projets présentés et sur les moyens employés pour assainir les sous-sols par des procédés de ventilation, p. 585. — Note sur les résultats obtenus par le liquide désinfectant, p. 598. — Composition du liquide désinfectant expérimenté aux Halles, p. 601. — Légende explicative des différents services concentrés dans les Halles centrales, p. 601, Pl. 12.

BOCOC. Les chemins de fer français. Sommes déversées par les six grandes Compagnies au profit du nouveau réseau de 1864 à 1875, p. 109.

BOLLE et PONTEA, p. 6.

B

BAC à vapeur sur le lac de Constance, p. 633.

BAIE DE SAINT-JEAN-DE-LUZ. Étude par M. Bouquet de La Grye, ingénieur hydrographe de la marine, p. 395 à 458.

Chap. I. Actions extérieures, p. 395. — Chap. II. Actions intérieures, p. 410. — Chap. III. Description des états antérieurs de la baie de Saint-Jean-de-Luz. Comparaison des lignes de niveau; courbes des maxima d'érosion. Comparaison des surfaces et des volumes, p. 423. — Chap. IV. Avenir de la baie après l'achèvement des digues. Améliorations de la Nivelle et du Socou, p. 451. Pl. 7 et 8.

BALOW, p. 17.

BARRAGES mobiles à forte chute : mémoire sur un nouveau système de barrage mobile fermé par des vannes et des fermettes, par M. Boulé, ingénieur des ponts et chaussées, p. 320 à 374.

Exposé, p. 320.

Chap. I. Description générale du barrage à fermettes et vannes et justification des dispositions proposées.

§ 1. Substitution de vannes ordinaires aux aiguilles des barrages de M. Poirée, p. 322. — § 2. Manœuvres des vannes. — Facilités et avantages nombreux qu'elles présentent, p. 326. — § 3. Dimensions et dispositions des vannes, p. 333. — § 4. Dispositions diverses. — Vannes automobiles, p. 336. — § 5. Dimensions

des fermettes. — Hantonnées, p. 341. — § 6. Réservoirs, p. 345. — § 7. Élévation des fermettes successives. — Augmentation postérieure de la retenue, p. 351.

Chap. II. Application à de Port-à-l'Anglais. — Exposé, p. 354. — § 1. Dispositions adoptées, p. 354. — § 2. Expériences, p. 360. — Résumé, p. 360. — Pl. 6.

BATEAU-PONT de Greenock, p. 392.

BATEAUX (appareil élévatoire de), p. 392.

BERLIN (assainissement de), p. 103.

BÉTANCOURT (de), p. 103.

BIBLIOGRAPHIE, p. 549.

BIOGRAPHIE. Notice sur M. par M. Jacquin, ingénieur des ponts et chaussées; technique par M. Malézieux, en chef des ponts et chaussées, p. 105.

BOARD OF TRADE. Voir Chaudières à vapeur, p. 627.

BOLLÉ. Voiture à vapeur.

BOULÉ. Nouveau système mobile fermé par des vannes et fermettes, p. 320.

BOUQUET DE LA GRYE. la baie de Saint-Jean-de-Luz, p. 395 à 458.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE, p. 549.

C

CABESTANS HYDRAULIQUES, p. 549.

CAILLAUX. Discours, p. 99.

CALLON. Notice biographique sur M. Jacquin, ingénieur des ponts et chaussées; note par M. Malézieux, ingénieur des ponts et chaussées, p. 105.

CANAL DE L'EST. Note par M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées, p. 459 à 472.

I. Renseignements techniques, p. 459. — II. Renseignements généraux, p. 465. — III. Résumé, p. 472.

CANAUX. Appareil élévatoire de bateaux, p. 392.

CASTELNAU (double décimètre), p. 548.

CHALKUR (action de la) sur les métaux, p. 548.

CHAUDIÈRES à vapeur. — (I. données par le Board of Trade pour la détermination de la puissance, p. 627.

CHEMINS DE FER. — Voir Aiguilles, p. 152.

CHEMINS DE FER FRANÇAIS. Note sur les sommes déversées par les six grandes compagnies de chemins de fer, au profit du nouveau réseau de 1864 à 1875; par M. Aucoc, président de section au Conseil d'Etat, p. 109 à 114.

CHEMINS DE FER. Statistique : Etats-Unis, p. 238; Angleterre, p. 239, 546; Russie, p. 239; Indes, p. 239; Suisse, p. 546; Allemagne, p. 546.

— Exploitation. Voir Résultats économiques, p. 375.

— Wagons-lits, p. 386.

— Sifflet automoteur, p. 497.

— SUISSES. Abonnements kilométriques, p. 499.

CHEMINS DE FER secondaires de Valkany à Perjamos et de Vojtek à Bogsan (Hongrie). Notice sur la construction et les prix de revient, par M. Fournier, inspecteur général de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'Etat, p. 603 à 626.

Considérations générales, p. 604.

— I. Conditions spéciales des actes de concession des lignes secondaires, p. 608. — II. Ligne de Valkany à Perjamos, p. 609. — III. Ligne de Vojtek à Bogsan, p. 618. — IV. Tableau comparatif des dépenses des deux lignes, p. 623. — V. Résultats généraux des deux lignes, p. 624.

— Observations sur les résultats généraux, p. 624.

— Consommation de rails en France, p. 634.

CHRONIQUE :

Janvier. Société amicale de secours des anciens élèves de l'Ecole polytechnique. Discours du ministre des travaux publics, p. 99. — M. de Bétancourt, p. 103.

Février. Dragages de la rade de Port-Saïd, p. 233. — Consolidation de remblais argileux, p. 236. — Réparation de maçonneries par l'injection de mortier clair ou de ciment, p. 237. — Chemins de fer et tramways. Statistique, p. 238.

Mars. Exposition universelle de Philadelphie, p. 385. — Les wagons-lits du colonel Mann, p. 386. — La voiture à vapeur de M. Bollée, du Mans, p. 388. — Rupture d'une digue de réservoir, p. 389. — Nou-

veau système de pont mobile, p. 390. — Appareil élévatoire pour les bateaux, p. 392. — Grue hollandaise, p. 392.

Avril. Exposition universelle de Philadelphie, p. 497. — Sifflet automoteur pour locomotive, p. 497. — Abonnement kilométrique sur le chemin de fer de Lausanne à Echallens, p. 499. — Pont de Riga sur la Duna, p. 499.

Mai. Double décimètre de M. Castelnau, p. 545. — Hydraulique des grands fleuves, le Parana, l'Uruguay et le bassin de la Plata, p. 545. — Chemins de fer. — Statistique, p. 546. — Locomotive à air comprimé, p. 547. — Action de la chaleur sur les ponts métalliques, p. 548.

Juin. Exposition universelle de Philadelphie, p. 631. — Nouvelles formules de quadratures, p. 631. — Bac à vapeur sur le lac de Constance, p. 633. — Consommation de rails en France en 1875, p. 634.

COLLIGNON. Théorie des vannes, p. 539.

— p. 481.

COMBLE de la station de Saint-Pancrace, p. 17.

COMPTAGE AMBULANT. Voir Recensement de la circulation sur les routes, p. 71.

CONSOLIDATION de remblais, p. 236.

CONSOMMATION de rails en France en 1875, p. 634.

CONSTANCE (lac de). Bac à vapeur, p. 633.

CONSTRUCTION des chemins de fer secondaires de la Hongrie. — Prix de revient, p. 603.

COURS d'eau navigables. Voir Délimitation, p. 67.

D

DÉCIMÈTRE (double), perfectionnement, p. 545.

DÉLIMITATION des cours d'eau navigables : note par M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées, p. 67 à 70.

— des îles, p. 315.

DEMONT. Note sur les résultats obtenus par le liquide désinfectant de MM. Rousseau, p. 598.

DÉSINFECTION. Voir Assainissement des Halles centrales, p. 553.

DISSEMINATION DES HALLES CENTRALES.

l'uites, suivant que celles-ci seraient placées sur le sol, ou au-dessus du sol et suspendues. On a étudié également un modèle de borne avec des ouvertures d'appel, afin d'éviter la construction par les poussières et les débris de l'égout, qui sont envahis par les eaux.

MM. Geneste fils et Herscher font observer que leur projet n'entraverait en rien le service des égouts, et qu'il serait fait rapidement et à peu de frais.

RENDU ET DISCUSSION DES PROJETS PRÉSENTÉS

La Commission a examiné ces projets.

Les projets, dont une capitale, peuvent être faites par M. Nézeraux et Garlandat.

Le système de circulation qu'ils indiquent repose sur le principe de l'appel et de l'insufflation.

En premier lieu, malgré l'avis contraire des auteurs du projet, il n'est pas douteux que, pour assurer le fonctionnement du système, il serait nécessaire de clore habituellement les portes qui font communiquer le sous-sol avec l'extérieur. Il est indispensable en particulier de fermer les entrées des escaliers. Cette mesure occasionnerait une gêne sérieuse dans le service.

En second lieu, la Sous-Commission a été d'avis qu'un lavage à l'eau dans le rafraîchisseur ne pourrait suffire pour former en air pur l'air vicié sortant des sous-sols. Après avoir traversé cet appareil, l'air retiendrait encore les vapeurs, et les miasmes organiques insolubles dans l'eau, et il conserverait certainement une odeur sensible.

Il n'y a d'ailleurs aucun intérêt à chercher à purifier l'air au moyen d'un appareil spécial, quand il est facile de le renouveler d'une manière définitive et de le remplacer par de l'air pur venant de l'extérieur.

Le projet de MM. Geneste fils et Herscher est étudié avec soin.

Les auteurs ont adopté le système de ventilation par appel. Les portes des escaliers peuvent, par suite, rester ouvertes sans inconvénient, et le service des sous-sols ne subirait aucun trouble de l'adoption du projet.

En plaçant les bouches d'appel au niveau du sol, elles sont aussi près que possible des points d'infection, et l'air vicié serait ainsi soumis à l'aspiration en un point où les

et les gaz insalubres afflueraient naturellement en raison de leur densité.

D'autre part, les emplacements proposés pour les bouches d'appel sont mal choisis; il faudrait les modifier pour assurer d'une manière plus complète le renouvellement de l'air.

Les auteurs du projet ont étudié, avec soin et intelligence, les dispositions à donner aux conduites et aux bouches, dans le but de les mettre à l'abri des eaux et des obstructions.

Nous discuterons plus loin et par comparaison le système spécial proposé par MM. Geneste et Herscher pour produire l'appel dans les cheminées d'évacuation.

M. d'Hamelin court s'est proposé d'utiliser la chaleur produite par les becs d'éclairage pour échauffer les cheminées d'évacuation et produire l'appel.

Ces becs brûlent 4 500 litres de gaz à l'heure. D'après M. d'Hamelin court, l'évacuation d'air vicié correspondante serait de 7 000 mètres cubes à l'heure. Mais, des expériences faites par la Sous-Commission, il résulte que l'auteur du projet a adopté pour base de ses calculs une donnée inapplicable au cas spécial qui nous intéresse. L'évacuation produite par la combustion de 4 500 litres de gaz brûlé à l'intérieur d'une cheminée ne peut être évaluée qu'à 4 500 mètres cubes. Pour tenir compte du refroidissement qui s'opérerait forcément dans les conduites entre le foyer de combustion et la cheminée, il faudrait compter qu'on n'obtiendrait seulement qu'une évacuation de 2 000 à 2 500 mètres cubes à l'heure.

La disposition étudiée par M. d'Hamelin court avait été également proposée par un membre de la Sous-Commission comme un moyen accessoire de produire l'appel. Dans cette limite, il pourrait être utilisé avec avantage, mais il faudrait nécessairement employer un procédé plus énergique pour produire l'appel principal.

M. d'Hamelin court, comme MM. Geneste fils et Herscher, propose de prendre l'air vicié dans la partie basse des sous-sols, le plus près possible des foyers d'infection. Le principe est bon, mais la disposition qu'il indique pour l'établissement des conduites est compliquée et n'est pas admissible au point de vue architectural.

Remarquons enfin que, dans ce projet, le nombre des bouches d'appel est très-multiplié, et qu'il serait, par suite, à peu près impossible d'arriver à régler l'écoulement d'une manière égale entre ces ouvertures.

II. — EXPÉRIENCES DE LA SOUS-COMMISSION.

de cette discussion, la Sous-Commission a reconnu la nécessité de procéder à des expériences directes, pour constater l'efficacité de la ventilation des cheminées existantes et pour déterminer le prix de revient de l'appel fait au moyen de la combustion du gaz dans ces cheminées.

Des expériences ont été faites sur une des cheminées du pavillon n° 11. Cette cheminée prenait naissance dans le sous-sol à la hauteur du plafond. Afin de profiter de toute la hauteur disponible, l'orifice inférieur a été descendu, et, par les nouvelles dispositions prises, l'orifice inférieur s'est trouvé placé à 0^m,60 seulement au-dessus du niveau du dallage.

Un brûleur à gaz composé de deux couronnes concentriques, contenant 33 becs dans un plan horizontal, a été placé à 0^m,20 au-dessus de l'orifice inférieur de la cheminée. Cet appareil a été muni des robinets nécessaires pour allumer à volonté 17 becs ou 33 becs à la fois.

Un compteur à gaz a été installé pour mesurer la dépense.

Enfin des thermomètres ont été placés : au rez-de-chaussée des pavillons pour constater la température extérieure ; en divers points du sous-sol pour constater la température intérieure, et à l'intérieur de la cheminée, à 8 mètres environ au-dessus de l'orifice inférieur, pour obtenir la température de l'air évacué.

Le Conservatoire des arts et métiers a bien voulu mettre à la disposition de la Sous-Commission les instruments nécessaires aux expériences.

Ces expériences ont eu lieu les 11 et 12 février, par une température assez basse (+1 degré), mais, les dispositions restant prises, elles pourront être répétées par une température plus élevée.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

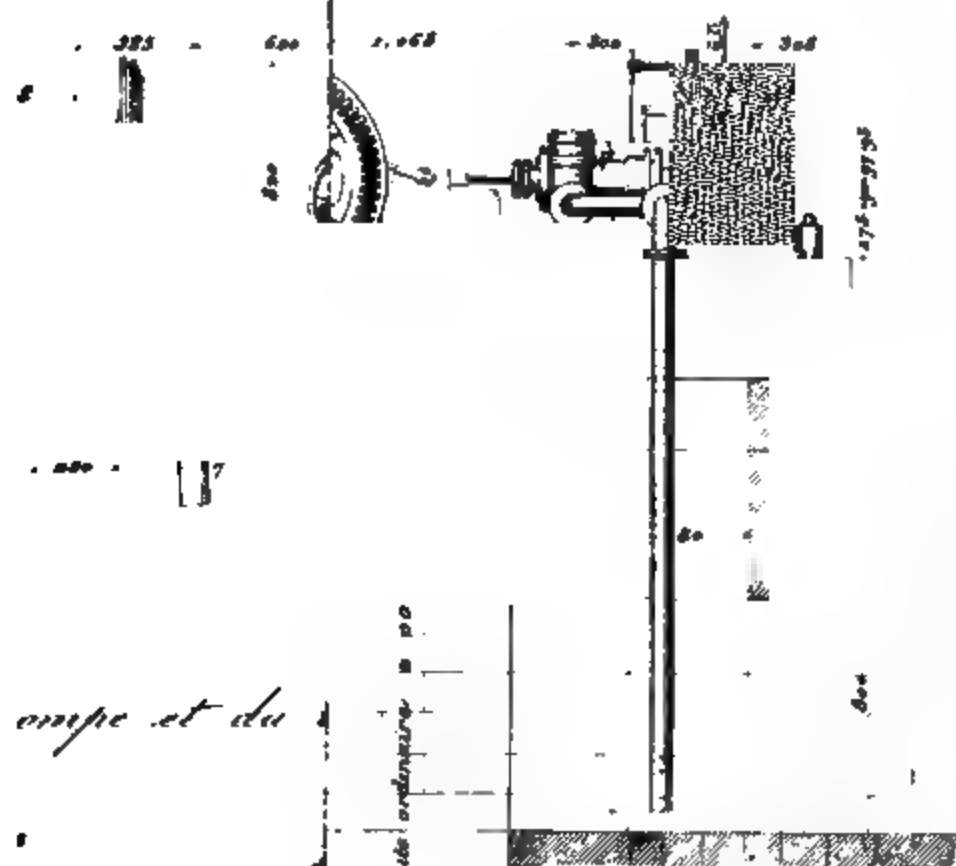
**Débit des cheminées d'appel des Halles centrales chauffées
au moyen du gaz.**

1^{re} Données.

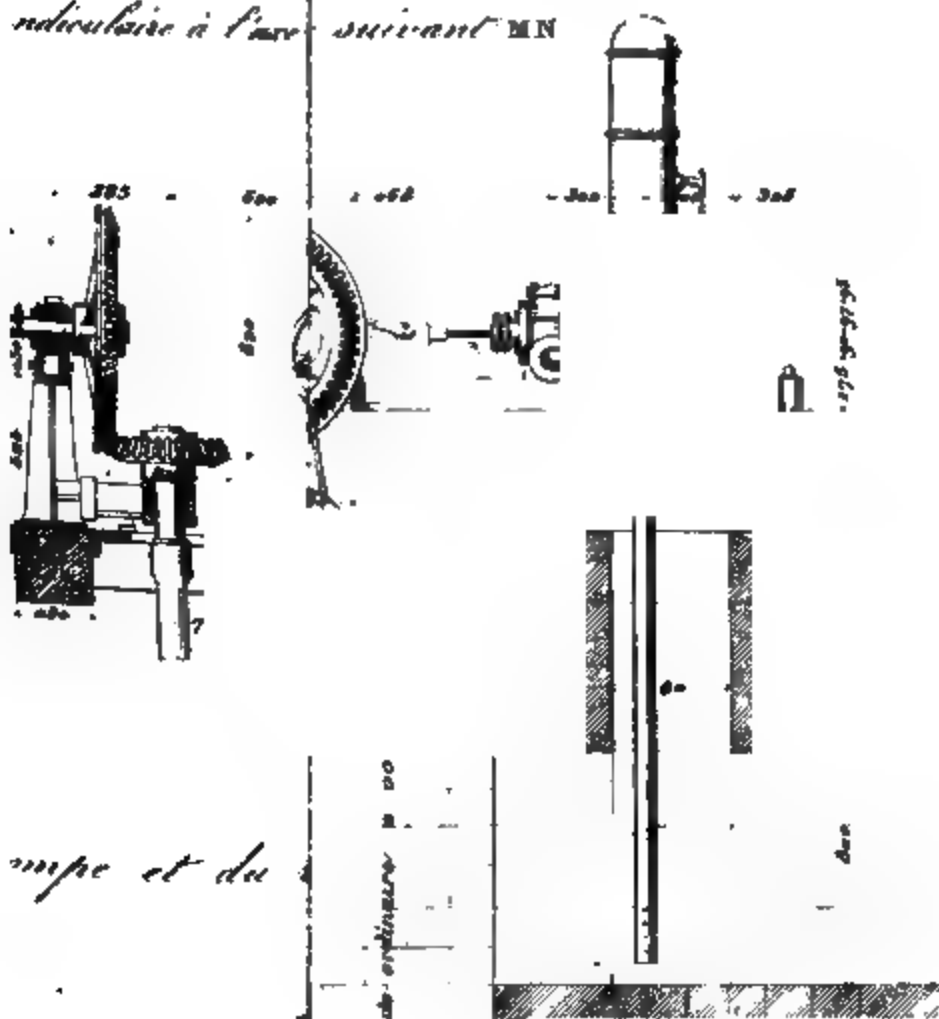
Les expériences ont été faites sur la cheminée du pavillon n° 11, placée à l'angle de la rue de Rambuteau et de la rue intérieure transversale.

Hauteur de la cheminée.	19 ^m ,80
Section à 8 mètres au-dessus du niveau du sol des caves. . . .	1 ^m 4,434

CE
C216
perpendiculaire à l'axe suivant MN



Est
ndiculaire à l'axe suivant MN



mppe et du

III. LIGNE DE VOJTEK A BOGSAN :

	Pages.
Indication sommaire des conditions d'exécution.	618
Tableau général de toutes les dépenses faites.	619
Tableaux indiquant le prix de revient des différentes parties du che- min.	621
IV. TABLEAU COMPARATIF DES DÉPENSES DES DEUX LIGNES.	623
V. RÉSULTATS GÉNÉRAUX DES DEUX LIGNES.	624
Observations sur les résultats généraux.	624

 CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Au moment où la question de l'établissement des chemins secondaires est de nouveau soumise partout à une étude approfondie, nous croyons qu'il peut être de quelque intérêt d'indiquer le mode suivi à cet égard en Hongrie, par la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État, qui vient de construire les deux lignes secondaires de Valkany à Perjamos et de Vojtek à Bogsan, venant s'embrancher sur la ligne principale du Sud-Est (Vienne-Pesth-Bazias).

Le partie du territoire hongrois desservie par cette ligne du Sud-Est, notamment celle comprise entre Pesth et Temesvar, est formée de plaines très-étendues, où le climat et la nature du sol sont très-favorables à la culture du blé et de la plus grande partie des céréales.

Sur tout ce parcours, les voies de communication sont dans un état de viabilité assez défectueux, et à l'exception des routes royales, qui sont rares, et de quelques routes provinciales qui ne desservent que les localités importantes, la circulation, difficile en été, devient à peu près impossible pendant la mauvaise saison.

Une des causes principales de cet état de choses est le prix élevé des matériaux d'empierrement de bonne qualité, qui varie de 10 à 15 francs par mètre cube. Les ressources du budget de l'État ou des comitats (provinces) sont insuf-

fisantes pour faire face aux frais d'un entretien normal aussi coûteux, et il est d'usage de faire les rechargements avec du sable ou du gravier terreux, qui ne tarde pas à disparaître dans l'épaisse couche de boue de la route.

Les produits agricoles destinés à l'exportation doivent donc être transportés aux stations de la voie ferrée pendant la courte période de saison sèche, comprise entre la fin des récoltes et l'entrée de l'hiver.

Durant ce temps, l'abondance des arrivages produit un mouvement très-actif dans les stations ; les emplacements de dépôts sont quelquefois insuffisants ; le matériel roulant, qui chôme en partie aux autres époques de l'année, ne suffit plus à ces besoins exceptionnels, et le commerce ne manque pas d'élever des réclamations sur la négligence du chemin de fer.

La nécessité de bonnes voies de communication aboutissant à la voie principale est, pour cette contrée comme pour les chemins de fer, plus évidente que partout ailleurs. Les matériaux d'empierrement étant en général trop coûteux, et l'entretien des routes occasionnant des frais exorbitants, la création de voies ferrées transversales à bon marché, dans les parties les plus productives ou dans celles où il se trouve des éléments industriels susceptibles de développement, paraît être la solution la plus économique et conciliant le mieux tous les intérêts.

L'établissement de ces embranchements aurait pour conséquence d'introduire une allure plus régulière dans le mouvement des marchandises, par suite de la possibilité de circuler au même prix en toute saison, et d'amener un accroissement de produits et d'affaires commerciales sur toute la zone desservie par la ligne principale, se traduisant par une augmentation de recettes.

L'intérêt de la Société autrichienne lui commande donc de prendre une part active au développement de ces lignes transversales.

Quant aux populations appelées à jouir des bienfaits de ces embranchements, elles en ressentent l'impérieuse nécessité; malheureusement leurs ressources limitées ne leur permettent pas d'apporter un concours bien efficace à leur construction. Ce concours s'est borné jusqu'à présent à la cession gratuite, par les communes et les particuliers, d'une partie des terrains et à quelques subventions insignifiantes.

Les sacrifices faits par les provinces tendent toutefois à devenir plus sérieux et, tout récemment, il a été proposé à la Société autrichienne de construire deux embranchements, moyennant une garantie d'intérêts au taux réduit de 5,2 p. 100 souscrite par l'administration provinciale. Cette nouvelle forme de coopération de la part des provinces est actuellement soumise à l'étude.

En ce qui touche l'État, le chiffre relativement élevé des subventions données aux grandes lignes, et la situation générale de ses finances, ne lui permettent pas de subventionner les lignes ne desservant que des intérêts locaux. Il a accordé ce qui pouvait être réclamé de lui, savoir : des simplifications importantes dans les conditions de construction et d'exploitation, et une exemption momentanée de taxes et d'impôts.

Malgré ces facilités, le manque d'industrie, l'absence de capitaux et l'état peu développé de l'esprit d'association et d'entreprise sont les motifs pour lesquels ces embranchements ne sont pas exécutés, comme dans d'autres pays, par des sociétés locales, et les grandes sociétés, possédant déjà les lignes de long parcours, sont seules en état de les entreprendre.

Deux circonstances d'ailleurs rendent possible l'exécution de quelques lignes de cette nature par la Société autrichienne : c'est d'abord la configuration favorable du terrain, et ensuite le prix élevé des transports sur les routes et chemins ordinaires, prix permettant de maintenir, sur les

DE FER SECONDAIRES EN HONGRIE.

secondaires, des tarifs assez élevés pour le produit net suffisamment rémunérateur en moyenne pour les transports par route par 50 kilogrammes et par mille, ce qui est 0^f,55 par tonne et par kilomètre.

Ces tarifs approuvés pour les lignes sont de 0^f,05, 0^f,07, 0^f,10 par 50 kilogramme correspondant à 0^f,135, 0^f,19 et 0^f,265 par tonne.

Avec le prix de transport par route, le tarif varie de 0^f,367 à 0^f,492 pour la même distance. Les transports, d'où il suit que l'économie réalisée est de trois à quatre fois supérieure au chemin de fer. Ces tarifs pourraient donc être augmentés, pour permettre la réalisation de lignes transversales, de lignes transversales titre comme indispensables au développement du pays. Du reste, sur ces lignes les tarifs élevés s'appliquant à de petites quantités ne peuvent pas beaucoup les marchandises de valeur.

Après les vœux des populations intéressées, la Compagnie a entrepris l'exécution des deux lignes secondaires de Valkany à Perjamos et de Perjamos à Győr, dont les longueurs sont respectivement de 47.387 mètres. Après mûre réflexion et d'exploitation, elle s'est décidée à construire ces lignes la largeur de voie normale et une plate-forme réduite à 4 mètres. Facile l'emploi de la voie étroite ne réduisant pas la dépense, et il exigerait la création d'un matériel spécial assez coûteux, ce que l'on tenait à éviter sur les embranchements le long de la grande ligne. Nous indiquons ci-après les tarifs.

I. — Conditions spéciales des actes de concession des lignes secondaires.

Les stipulations particulières introduites, sur la proposition de la Société autrichienne, dans les actes de concession des chemins secondaires en Hongrie, afin de réduire à leur minimum les dépenses de premier établissement, se résument principalement dans les points suivants :

1) Exonération des impôts et taxes pendant une durée de trente ans.

2) Diminution de largeur de la plate-forme de la voie et autorisation de construire, au gré de la Société, les ouvrages d'art en bois.

3) Réduction du poids du rail, des dimensions des traverses et de l'épaisseur du ballast.

4) Simplification des dispositions des gares et stations, tant pour les voies que pour les bâtiments.

5) Suppression de la plus grande partie des maisons de garde, de la surveillance des passages à niveau et des clôtures de la voie.

Par contre, la vitesse moyenne des trains a été limitée à 18^k,75 à l'heure. Cette restriction est la conséquence des facilités spéciales énumérées précédemment.

En dehors de l'exemption d'impôts, l'État n'a accordé aucune garantie d'intérêts aux chemins secondaires.

Les conditions libérales consenties par l'État pour la construction proprement dite étaient d'ailleurs impérieusement commandées par le chiffre limité des recettes prévues.

Dans la plus grande partie de la zone traversée par la ligne principale du Sud-Est, il y a très-peu d'industrie, les produits agricoles représentent la plus grande somme des marchandises que les lignes transversales sont appelées à transporter, et leur tonnage est d'une importance très-variable.

La circulation sur ces embranchements, établis dans des contrées dépourvues d'industrie, n'est susceptible que de progrès très-lents et très-limités. L'augmentation du trafic ne peut provenir que du développement industriel, et en général les éléments font défaut sous ce rapport.

Ce serait se faire illusion que d'espérer pour ces petites lignes des résultats analogues à ceux obtenus sur les grandes lignes, au point de vue des progrès du trafic.

Il est donc d'une nécessité absolue, sous peine de dépenser sans fruit des capitaux plus ou moins importants, d'observer dans la construction de ces lignes les règles de la plus stricte économie.

Les deux chemins de Valkany à Perjamos et de Vojtek à Bogsan, dont nous indiquerons plus loin les prix de revient, ont été établis d'après ces principes. Les indications que nous donnons n'offrent, il est vrai, aucun intérêt au point de vue technique : car il ne s'agit pas de solution donnée à des difficultés d'exécution, mais elles peuvent avoir leur utilité en faisant ressortir les prix très-réduits auxquels ces embranchements peuvent être établis, en profitant de toutes les facilités offertes par l'acte de concession et en s'écartant sensiblement des types de nos lignes principales.

II. — Ligne secondaire de Valkany à Perjamos.

INDICATION DES CONDITIONS PRINCIPALES D'ÉTABLISSEMENT.

Date de l'ouverture. — Les travaux de cette ligne, commencés dès le mois de mars 1870, ont été terminés dans une seule campagne, et l'ouverture à l'exploitation a pu avoir lieu le 26 octobre de la même année.

La longueur totale de la ligne est de 43.358 mètres.

Tracé. — Il se détache de la station de Valkany, située entre Szegedin et Temesvar (voir la carte, fig. 1, Pl. 13),

et se dirige vers Perjamos, en remontant la vallée de la Maros, sans toutefois traverser l'Aranka, bras mort de la Maros, qui sert de déversoir en temps d'inondation.

Sur tout ce parcours le terrain ne présente que des ondulations sans importance, et se trouve pour un tracé de chemin de fer dans des conditions très-favorables.

Les inflexions du tracé ont surtout été motivées par la condition, importante surtout pour les lignes secondaires, de rapprocher autant que possible les stations des localités à desservir. Ces stations sont au nombre de cinq, savoir : Bessenova, Sz. Miklos, Szaravola, Rác Sz. Peter et Perjamos.

Sur quelques points il a été aussi nécessaire d'infléchir le tracé, afin de ne pas franchir inutilement l'Aranka. Ce cas s'est présenté notamment entre Szaravola et Rác Sz. Peter.

Terrains. — Les terrains nécessaires pour la voie courante et les emplacements des stations ont été cédés gratuitement à la Société autrichienne par les communes traversées. La commune d'Egres seule a fait exception, à cause de son éloignement du tracé.

Sur la surface totale occupée, s'élevant à 114 hectares 79 ares, la Société n'a eu à acquérir que la partie située sur le territoire de cette commune et comprenant seulement 1 hectare 66 ares.

Cette acquisition n'a coûté que 3.075 francs, soit 1.852 francs par hectare.

La largeur moyenne des emprises est de 26^m,47, y compris les emplacements des stations.

Profil en long. Alignements et courbes. — Les déclivités du profil sont presque nulles. La différence de niveau entre les deux extrémités de la ligne n'est que de 15^m,19, ce qui donne une pente moyenne de 0^m,00035. En réalité, la plus forte déclivité est de 0^m,0025.

La configuration uniforme du terrain a permis de main-

tenir des alignements d'une grande longueur. Sur le développement total de 43.353 mètres, les parties en courbe ne s'étendent que sur 4.336^m,19, soit sur 10 p. 100 du parcours total.

Les courbes sont au nombre de seize, dont dix de 1.000 mètres, deux de 600 mètres, deux de 500 mètres et deux de 400 mètres de rayon. Ces dernières ont été appliquées aux abords des stations, afin de placer celles-ci dans une situation avantageuse relativement aux localités qu'elles desservent.

Terrassements et ouvrages d'art. — Les dimensions du profil en travers prescrit par l'acte de concession sont indiquées sur les *fig.* 5 et 6.

La plate-forme a été maintenue en remblai sur tout le parcours. Cette condition, d'une réalisation facile dans un terrain aussi uniforme, a rendu l'exécution des terrassements économique et rapide, en permettant de les entreprendre simultanément sur toute la ligne, par voie d'emprunts latéraux et sans matériel spécial de transport.

La largeur d'emprise n'exerce ici aucune influence sur les prix d'exécution, puisque les terrains ont été cédés gratuitement.

Le cube total des terrassements s'est élevé à 197.000^m,15, soit en moyenne 4^m,545 par mètre courant.

Les travaux d'art sont sans importance. En voici le détail : sept ponceaux de 2 mètres, quatorze aqueducs de 1 mètre, onze aqueducs de 60 centimètres. Ces ouvrages ont été construits avec voûte en briques quand la hauteur du remblai était suffisante, sinon ils se composent de deux culées supportant des poutres en bois placées sous les rails.

Voie et ballastage. — Le poids du rail est, conformément à l'acte de concession, de 25^k,30 par mètre courant (*). Dans ces dimensions sa résistance suffit pour le

(*) Les éclisses pèsent 3^k,50 l'une; les boulons 0^k,41 et les crampons 0^k,31.

passage des voitures et wagons de la ligne principale, ce qui dispense de créer un matériel spécial. Le rail en fer de la ligne principale pesant 37 kilogrammes, la réduction de poids est de 11^k,70 par mètre courant, et représente une économie assez notable (*fig. 2 et 3*).

Les traverses ont aussi des dimensions plus faibles que celles de la ligne principale. Ces dimensions sont : 2^m,35 de longueur, 0^m,13 d'épaisseur et 0^m,22 à 0^m,24 de largeur.

Le ballast revient dans cette partie de la Hongrie à un prix relativement élevé, et il y avait intérêt à le réduire au plus strict nécessaire. Les dimensions adoptées de 2^m,80 pour la largeur en couronne, et de 0^m,25 pour l'épaisseur, donnent un cube de 0^m,76 par mètre courant de voie simple, abstraction faite du volume des traverses.

Les détails relatifs à la superstructure sont indiqués dans un tableau séparé (page 624) et font ressortir le prix de revient total par mètre linéaire de chemin à 42',62.

Bâtiments et divers. — Les installations des stations sont réduites à leur plus simple expression. Le type généralement employé est représenté (*fig. 13*) par le plan de la station de Gattaja.

La simplicité du mode de construction en usage dans la contrée traversée a permis d'appliquer des types extrêmement simples pour les bâtiments à voyageurs et les maisons de garde. Ces types sont indiqués par le dessin des *fig. 17 et 18* pour les stations de Sz. Miklos et de Perjamos. Les hangars à marchandises sont en bois.

Deux petites remises de machines, avec logement (*fig. 19*) ont été établies aux stations extrêmes, avec des réservoirs d'alimentation (*fig. 15 et 16*). Il existe en outre une prise d'eau de réserve à la station de Sz. Miklos, située à peu près au milieu du parcours.

Locomotives. — Par suite de la réduction du poids du rail, on a dû créer, pour le service des lignes secondaires,

DES

po

s e

les

et l

dar

isse

nac

.

é tr

ran

les

hal

neu

int

, s'é

LIGNE DE VALKANY A PERJANOS.

Tableau général de toutes les dépenses faites.

NATURE DES DÉPENSES.	DÉPENSES générales		DÉPENSES kilométriques	
	partielles.	totales.	partielles.	totales.
Frais généraux.	francs.	francs.	francs.	francs.
Personnel, frais d'études, etc. . .	113.205,48	113.205,48	2.610,93	2.610,93
Mobilier d'exploitation.				
Mobilier des gares.	12.154,33	12.154,33	280,33	280,33
Acquisition de terrains.	18.423,13	18.423,13	424,93	424,93
Terrassements et ouvrages d'art.				
Travaux de terrassements. . . .	197.649,40	242.873,02	4.558,55	5.601,57
Ouvrages d'art.	45.223,62		1.043,02	
Ballastage.	143.091,07	143.091,07	3.300,22	3.300,22
Établissement des voies.				
Rails.	996.523,43	1.706.055,02	22.983,60	39.348,10
Autres matériaux métalliques. .	108.801,92		2.509,37	
Traverses, bois spéciaux, etc. . .	158.509,22		3.655,83	
Sabotage, pose des voies, trans- ports.	382.974,52		8.832,85	
Croisements, changements, pla- ques tournantes.	48.192,33		1.111,50	
Divers.	11.053,60		254,95	
Bâtiments et accessoires.				
Stations.	202.086,37	380.265,07	4.660,30	8.770,35
Maisons de garde, barrières, etc.	58.549,10		1.350,38	
Télégraphe, signaux, etc. . . .	21.007,12		484,50	
Constructions relatives aux ali- mentations d'eau.	89.633,95		2.067,30	
Divers.	9.018,53		207,87	
Matériel roulant.				
Trois locomotives spéciales. . . .	127.500,00	127.500,00	2.940,62	2.940,62
Totaux.		2.743.567,12		63.277,05

LIGNE DE VALKANY A PERJAMOS.

ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE.

I. — Longueur des voies posées.

1° Pour la voie unique du chemin.	43.358,00 ^{mètres.}
2° Voies de garage dans les stations, y compris celles de la station d'embranchement à la charge du che- min secondaire.	3.927,00

Longueur totale. 47.285,00

Longueur des voies par mètre linéaire de chemin $\frac{47.285,00}{43.358,00} = 1,090$.

II. — Prix d'un mètre linéaire de voie.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	QUANTITÉS.	PRIX.	DÉPENSES.	OBSERVA- TIONS.
Une travée de 7 mètres.		francs.	francs.	
Rails. . . . (2 × 7) × 25 ¹ / ₂ la tonne.	354,20	419,12	148,45	
Eclisses. . . 4 × 3,5	14,00	419,12	5,87	
Boulons. . . 8 × 0,41	3,28	852,50	2,80	
Crampons. . 32 × 0,31	9,92	550,00	5,45	
Traverses non carbonisées. la pièce.	8,00	3,00	24,00	
Ensemble pour une longueur de 7 mètres. . . .			186,57	
Soit pour 1 mètre linéaire environ.			26,67	
Pose des voies, transports et divers accessoires.			8,13	
Ensemble.			34,80	
Et si l'on y ajoute le ballastage.			3,02	
On trouve le prix total du mètre linéaire de voie.				37,82
Ajoutant les dépenses pour changements de voie, plaques tournantes et divers.				1,27
On trouve la dépense totale indiquée ci-après.				39,09

III. — Dépense par mètre linéaire.

NATURE DES OUVRAGES.	DÉPENSE totale.	DÉPENSE par mètre linéaire		OBSERVA- TIONS.
		de chemin.	de voie.	
Ballastage.	francs. 143.091,07	francs. 3,30	francs. 3,02	
Etablissement des voies.	1.706.055,02	39,82	36,07	
Totaux.	1.849.146,09	42,62	39,09	

LIGNE DE VALKANY A PERJAMOS.

STATIONS.

Tableau des dépenses de toute nature.

DÉSIGNATION des stations.	DÉPENSES pour les diverses constructions.			DÉPENSES pour les voies de garage, matériel, etc.			DÉPENSES totales.
	Bâtiments pour le service des voyageurs.	Bâtiments pour le service des marchan- dises et divers.	Ensemble.	Doubles voies, change- ments, plaques tournantes, etc.	Matériel et mobilier.	Ensemble	
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
Valkany, station d'em- branchement, part contributive.	29.995,00	42.432,55	72.427,55	63.498,40	1.340,00	64.838,40	137.265,95
Benova.	15 105,90	8.550,00	23.655,90	28.930,40	1.946,77	30.877,17	54.533,07
Sz. Miklos.	21.090,00	58.352,32	79.442,32	38.674,25	2.378,25	41.052,50	120.494,82
Baravola.	15.105,90	8.550,00	23.655,90	20.664,65	1.946,77	22.611,42	46.267,32
La Peter.	15.105,90	8.550,00	23.655,90	16.444,25	1.946,77	18.391,02	42.046,92
Perjamos.	21.090,00	56.776,27	77.866,27	51.722,32	2.595,75	54.318,07	132.184,34
Totaux.	117.492,70	183.211,14	300.703,84	219.934,27	12.154,31	232.088,58	532.792,42

Dans les dépenses afférentes à la station d'embranchement de Valkany est com- prise la participation aux dépenses de la ligne principale, s'élevant à 29.995 francs.

État des dépenses du matériel de la voie et des alimentations.

QUANTITÉS.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	MONTANTS		DÉPENSE par kilomètre de ligne.
		partiels.	totaux.	
	Matériel de voie.	francs.		
18	Changements (tang 0,128).	30.233,52		
2	Plaques tournantes, 4 ^m .68 de dia- mètre.	17.958,80	francs.	francs.
			48.192,32	1.111,47
	Alimentations.			
3	Réservoirs à fond sphérique, de 6 ^m ,5 de diamètre.	20.283,08		
3	Pompes à vapeur de 2 chevaux. . . .	24.188,47		
4	Grues hydrauliques.	4.147,80		
350 mètres.	De conduite d'eau de 103 millimètres de diamètre.	3.660,30		
	Robinets, bornes-fontaines, etc. . . .	1.663,00		
3	Bâtiments d'alimentation de 64 mè- tres carrés, avec puits.	35.691,30		
			89.633,95	2.067,30
	Totaux.		137.826,27	3.178,77

III. — Ligne secondaire de Vojtek à Bogsan.

INDICATION SOMMAIRE DES CONDITIONS D'EXÉCUTION.

Cette ligne, d'une longueur de 47.367 mètres, a été construite d'après le même type que celle de Valkany à Perjamos dont nous venons de donner la description. Concé-
dée à la Société autrichienne le 5 janvier 1873, elle a été
ouverte à l'exploitation le 5 septembre 1874.

En dehors de la station d'embranchement de Vojtek, les stations de cette ligne sont au nombre de six, savoir : Gattaya, Moritzfeld, Gyertenies, Zsidorin, Roman-Bogsan et Deutsch-Bogsan.

Tout en desservant les intérêts agricoles et industriels de la contrée traversée, cet embranchement a eu aussi pour but, par sa jonction à Deutsch-Bogsan avec le chemin de mines de Reschitza à Eisenstein, de mettre les usines importantes de Reschitza en communication non interrompue, par voie ferrée, avec la ligne principale. (Voir *fig.* 14 le plan de la station commune de D. Bogsan.)

De même que pour la ligne de Valkany à Perjamos, une partie des terrains a été cédée gratuitement, et le rayon minimum des courbes a pu être maintenu à 400 mètres ; mais par suite de la configuration plus accidentée du terrain, les déclivités sont plus fortes, sans toutefois dépasser 0^m,008 ; le mouvement des terres est plus considérable et le nombre des ouvrages d'art plus grand. Nous citerons notamment parmi ces derniers le pont en bois de la Bersava, de 48 mètres de débouché. (Voir les *fig.* 8, 9, 10, 11 et 12.)

Les tableaux suivants, analogues à ceux de la première ligne, indiquent les résultats obtenus dans l'établissement de celle de Vojtek à Bogsan. . .

LIGNE DE VOJTEK A BOGSAN.

Acquisition de terrains.

INDICATION DES OBJETS.	TOTAUX.
Longueur du chemin.	47.367 ^m ,00
Nombre des communes traversées.	8
Superficie des terrains achetés.	46 ^h ,37
Superficie des terrains reçus gratuitement.	56 ^h ,70
Largeur moyenne des emprises.	21 ^m ,76
Montant des indemnités payées.	54.289 ^{fr} ,45
Prix moyen d'un hectare acheté.	1.175 ^{fr} ,00
Dépenses accessoires.	21.602 ^{fr} ,65
Dépense totale.	75.892 ^{fr} ,10
Dépense moyenne par hectare.	736 ^{fr} ,30
Dépense moyenne par kilomètre.	1.600 ^{fr} ,00

Terrassements et ouvrages d'art.

DÉSIGNATION.	DÉPENSES		TERRASSEMENTS.			OUVRAGES D'ART.		
	totales.	kilo- métriques.	CUBE		PRIX	Nombre.	Somme des ouvertures.	PRIX
			total.	par mètre linéaire.	par mètre cube.			par mètre d'ou- verture.
	francs.	francs.			fr.			francs
Terrassements.	493.940,23	10.427,95	374.680,51	7,73	1,32	"	"	"
Ouvrages d'art.	245.767,82	5.188,57	"	"	"	81	196,6	1.250,07
Totaux. . . .	739.708,05	15.616,52	374.680,51	7,73	1,32	81	196,6	1.250,07

LIGNE DE VOJTEK A BOGSAN.

ÉTABLISSEMENT DES VOIES.

I. — Longueur des voies posées.

	francs.
1° Pour la voie unique du chemin.	47.367,00
2° Voies de garage dans les stations, y compris celles de la station d'embranchement à la charge du che- min secondaire.	5.196,65
Longueur totale.	52.563,65
Longueur des voies par mètre linéaire de chemin $\frac{52.563,65}{47.367,00} = 1,109$.	

II. — Prix d'un mètre linéaire de voie.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	QUANTITÉS.	PRIX.	DÉPENSES	OBSERVA- TIONS.
Une travée de 7 mètres.		francs.	francs.	
Rails. . . . (2 × 7) × 25 ¹ / ₂ la tonne.	354,20	315,00	111,57	
Eclisses.. . . 4 × 3,5	14,00	315,00	4,41	
Boulons. . . . 8 × 0,41	3,28	600,00	1,97	
Crampons. . . . 32 × 0,31	9,92	500,00	4,96	
Traverses carbonisées. . . . la pièce.	8	3,07	24,56	
Ensemble pour une longueur de 7 mètres, . . .			147,47	
Soit pour 1 mètre linéaire:			21,02	
Pose des voies, transport et divers accessoires.			3,90	
Ensemble.			24,92	
Et si l'on y ajoute le ballastage.			1,85	
On trouve le prix total du mètre linéaire de voie.				26,77
Ajoutant les dépenses pour changements de voie, plaques tournantes et divers.				1,75
On trouve la dépense totale indiquée ci-après.				28,52

III. — Dépense par mètre linéaire.

NATURE DES OUVRAGES.	DÉPENSE totale.	DÉPENSE par mètre linéaire		OBSERVA- TIONS.
		de chemin.	de voie.	
Ballastage.	francs. 97.813,85	francs. 2,07	francs. 1,85	
Etablissement des voies.	1.401.205,25	29,58	26,67	
Totaux.	1.499.019,10	31,65	28,52	

LIGNE DE VOJTEK A BOGSAN

STATIONS.

Tableau des dépenses de toute nat

dép
re voi
maté

Ma

mo

fr

2.1

2.1

2.1

2.1

2.1

2.1

6.

23.

de Vojtek est comprise la
.774¹,07.

des alimentations.

NTANTS	DÉPENSE
total	par kilomètre de ligne.
francs. 37.732,68	francs. 796,60
63.006,77	1.390,17
100.739,65	2.126,77

**V. Résultats généraux des deux lignes : Valkany-Perjamos
et Vojtek-Bogsan.**

DÉSIGNATION DES OBJETS.	VALKANY- PERJAMOS.	VOJTEK - BOGSAN.	ENSEMBLE.
Longueur totale du chemin.	43.358 ^m ,00	47.367 ^m ,00	90.725 ^m ,00
I. Acquisition de terrains.			
Largeur moyenne des emprises.	26 ^m ,47	21 ^m ,76	24 ^m ,013
Prix moyen de l'hectare, tous frais acces- soires compris.	160 ^f ,47	736 ^f ,30	432 ^f ,90
II. Terrassements.			
Cube total des terrassements.	197.060 ^m ,13	374.680 ^m ,51	571.740 ^m ,64
Cube moyen par mètre courant.	4 ^m ,545	7 ^m ,73	6 ^m ,302
Prix moyen par mètre cube de terrasse- ment.	1 ^f ,000	1 ^f ,32	1 ^f ,21
III. Ouvrages d'art.			
Nombre total des ouvrages.	32	81	113
Ouvertures, ensemble.	36 ^m ,00	196 ^m ,60	232 ^m ,60
Ouverture moyenne par kilomètre.	0 ^m ,744	4 ^m ,183	2 ^m ,563
Prix moyen par mètre linéaire d'ouver- ture.	1.256 ^f ,20	1.250 ^f ,07	1.251 ^f ,02
Prix moyen par kilomètre.	1.043 ^f ,02	5.188 ^f ,57	3.207 ^f ,40
IV. Voies de fer.			
Prix d'un mètre linéaire de voie, ballast compris.	39 ^f ,09	28 ^f ,52	33 ^f ,53
Longueur des voies posées par rapport à la longueur du chemin.	1 ^m ,090	1 ^m ,109	1 ^m ,100
Dépense par mètre linéaire de chemin. . .	42 ^f ,62	31 ^f ,65	36 ^f ,90
V. Stations.			
Nombre des stations.	5	6	11
Espacement moyen des stations.	8.520,00	7.800,00	8.127,00

Observations sur les résultats précédents.

Les chiffres qui précèdent font voir que par l'application de types économiques en rapport avec les besoins limités de l'exploitation et la charge des trains, les frais de construction peuvent être maintenus dans des limites très-restreintes.

La dépense kilométrique de 65.000 francs pour les lignes secondaires ne doit toutefois être admise comme base d'évaluation que dans le cas où le terrain est favorable et ne présente pas de difficultés sérieuses pour l'exécution.

En ce qui concerne les deux lignes que nous considérons,

er des tableaux qui précèdent peu-
u'il suit :

Largeur des emprises est de 26^m,47
pour Valkany-Perjamos, et de 21^m,76 pour Vojtek-Bogsan.
L'excédant relatif à la première ligne vient de ce que les
terrains ayant été cédés gratuitement à peu près en tota-
lité, les dimensions ordinaires des banquettes, les surfaces
des stations, etc., ont été un peu augmentées.

La cession gratuite des terrains dans la plus grande pro-
portion possible est un avantage des plus importants,
non-seulement au point de vue économique, mais aussi à
celui des facilités qui en résultent pour l'exécution rapide
des travaux.

Terrassements. — La comparaison des cubes moyens
par mètre linéaire et des prix de revient par mètre cube
montre quelques différences, qui s'expliquent :

- 1° Pour le cube moyen, qui est plus grand pour Vojtek-
Bogsan que pour Valkany-Perjamos, par la nature plus
accidentée du terrain sur cette première ligne ;
- 2° Pour le prix de revient, par la nécessité de l'emploi
d'un matériel spécial de transport et l'importance plus
grande des mouvements de terres. Cette différence n'est
autrefois que de 1^f,32 — 1^f,00 = 0^f,32.

Ouvrages d'art. — Le nombre des ouvrages a été beau-
coup plus grand pour Vojtek-Bogsan que pour Valkany-
Perjamos. On remarquera que le prix par mètre linéaire d'ou-
vrage est resté sensiblement le même sur les deux lignes.
La dépense kilométrique est environ cinq fois plus grande
pour Vojtek-Bogsan que pour Valkany-Perjamos. Cela tient
à ce que cette dernière ligne se trouvait sous ce rapport
dans des conditions exceptionnellement favorables.

Voie. — Les longueurs totales des voies posées, compa-
rées à celles des lignes, sont :

- 1.090 pour Valkany-Perjamos,
- 1.109 pour Vojtek-Bogsan.

Ces proportions sont sensiblement les mêmes.

Les prix par mètre linéaire de chemin sont : 42',62 pour Valkany-Perjamos et 31',65 pour Vojtek-Bogsan. Ce dernier prix est bien inférieur à l'autre, par suite d'une réduction sur le prix des rails, et de l'économie réalisée sur la fourniture du ballast par l'ouverture d'une ballastière à Bogsan.

Stations. — Le nombre des stations est de cinq sur Valkany-Perjamos, et de six sur Vojtek-Bogsan. Les prix de revient kilométrique sont de 4.176',27 pour la première ligne, et de 4.751',70 pour la seconde ligne. Cette différence est peu importante, et vient de ce que sur Valkany-Perjamos on a appliqué dans trois stations un type de dimensions plus petites que celles du type normal.

Les surfaces occupées et les dispositions des voies permettent toutes les extensions que l'augmentation du trafic pourrait ultérieurement rendre nécessaires.

Dépenses totales. — La dépense kilométrique est :

	francs.
Pour Valkany-Perjamos.	63.275,07
Pour Vojtek-Bogsan.	68.719,50
	<hr/>
Différence.	3.444,43

Cette différence s'explique par les travaux beaucoup plus importants de l'infrastructure, dont l'excédant toutefois a été en grande partie compensé par les économies réalisées sur la voie et le ballastage.

N° 29

MINIATION DE LA PRES

DANS LES

CHAUDIÈRES A VAPEUR CYLINDRIQUES

Board of Trade, août 1874 ()*.

INSTRUCTIONS

POUR LES CONTRÔLEURS.

Le *Board of Trade* a été fréquemment prié le détail des règles qui guident ses conseillers (tion de la pression des chaudières à vapeur. ont été réunies dans la présente circulaire pour ingénieurs et aux constructeurs de chaudières.

Quand les chaudières sont construites avec le matériaux, que tous les trous de rivets ont été foret, sur place, que toutes les coutures sont doubles couvre-joints ayant au moins les $\frac{1}{4}$ de des tôles qu'ils recouvrent, que toutes les cout moins deux rangs de rivets, et que les rivets ne pas un effort de plus de 50 p. 100 supérieur résulterait du cisaillement simple, que les enfin, ont pu être soumises à l'inspection des pendant toute la durée de la construction, qu ces conditions sont réunies, le nombre 6 peut comme facteur de sécurité. Néanmoins, les cha vent être éprouvées, au moyen de la presse h au double de la pression de régime, en prés satisfaction des contrôleurs du *Board of Trade*

Mais quand les conditions ci-dessus énumér pas remplies, le facteur 6 doit être augmenté d indiqués dans le tableau ci-dessous, corresp cas qui peuvent se présenter.

(*) Traduction de la circulaire n° 755.

	A AJOUTER au facteur 6.	
A	0,15	Quand tous les trous sont corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales, mais qu'ils ont été percés au foret avant l'assemblage et après le cintrage.
B	0,30	Quand tous les trous sont corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales, mais qu'ils ont été percés au foret avant l'assemblage et avant le cintrage.
C	0,30	Quand tous les trous sont corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales, mais qu'ils ont été percés au poinçon après le cintrage.
D	0,50	Quand tous les trous sont corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales, mais qu'ils ont été percés au poinçon avant le cintrage.
E *	0,75	Quand tous les trous ne sont pas corrects et régulièrement percés dans les coutures longitudinales.
F	0,10	Quand les trous sont tous corrects et régulièrement percés dans les coutures transversales, mais percés au foret avant l'assemblage et après le cintrage.
G	0,15	Quand les trous sont corrects et percés régulièrement dans les coutures transversales, mais forés avant le cintrage.
H	0,15	Quand les trous sont corrects et percés régulièrement dans les coutures transversales, mais percés au poinçon après le cintrage.
I	0,20	Quand les trous sont corrects et percés régulièrement dans les coutures transversales, mais percés au poinçon avant le cintrage.
J *	0,20	Quand les trous ne sont pas corrects et percés régulièrement dans les coutures transversales.
K	0,20	Quand les coutures longitudinales ne sont pas pourvues de doubles couvre-joints et qu'elles sont à clin et rivées à deux rangs de rivets.
L	0,10	Quand les coutures longitudinales ne sont pas pourvues de doubles couvre-joints et qu'elles sont à clin et rivées à trois rangs de rivets.
M	0,30	Quand les coutures longitudinales sont pourvues de couvre-joints simples et qu'elles sont rivées à deux rangs de rivets.
N	0,15	Quand les coutures longitudinales sont pourvues de couvre-joints simples et rivées à trois rangs de rivets.
O	1,00	Quand il y a une couture longitudinale quelconque rivée à un seul rang de rivets.
P	0,10	Quand les coutures transversales sont pourvues de couvre-joints simples et rivées à deux rangs de rivets.
Q	0,20	Quand les coutures transversales sont pourvues de couvre-joints simples et rivées à un seul rang de rivets.
R	0,10	Quand les coutures transversales sont pourvues de couvre-joints doubles et rivées à un seul rang de rivets.
S	0,10	Quand les coutures transversales sont à clin et rivées à deux rangs de rivets.
T	0,20	Quand les coutures transversales sont à clin et rivées à un seul rang de rivets.
U	0,25	Quand les coutures transversales sont à clin et que le recouvrement n'est pas fait dans un seul et même sens.
V	0,30	Quand les coutures transversales ne sont pas pourvues de doubles couvre-joints et rivées à deux rangs de rivets. Quand la chaudière est d'une longueur telle qu'on doive la chauffer par les deux extrémités ou qu'elle est d'une longueur inusitée, comme les chaudières à carreaux intérieurs.
W *	0,40	Quand les joints ne sont pas convenablement croisés.
X *	0,40	Quand il y a des doutes sur la qualité du fer, que le contrôleur ne le considère pas comme de la meilleure qualité.
Y	1,65	Quand la chaudière n'a pas été soumise à l'inspection du contrôleur pendant toute la durée de sa construction.

* Dans les cas marqués d'une *, le nombre à ajouter au facteur de sécurité peut être augmenté si la main-d'œuvre ou la qualité des matériaux laisse beaucoup à désirer.

CHAUDIÈRES A VAPEUR.

des joints se détermine par l

$$\frac{\text{nombre des rivets} \times 100}{\text{en axe.}} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rapport de la résis-} \\ \text{tance du joint. — Celle} \\ \text{à 100.} \end{array} \right.$$

$$\frac{\text{rangs de rivets} \times 100}{\text{écartement d'axe en axe} \times \text{Épaisseur de la tôle.}} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rapport de la} \\ \text{résistance de} \\ \text{Celle-ci étant} \end{array} \right.$$

Quand les rivets travaillent par double cisaillement, ce rapport doit être multiplié par 2.

La résistance du fer étant admise comme égale à 51.520 livres par pouce carré, on prend pour la résistance du joint, le plus faible des rapports ci-dessus et l'on adopte, pour la valeur de sécurité, le nombre qui résulte de l'application du précédent tableau; la charge P de la chaudière, en livres, par pouce carré, est alors calculée par la formule suivante :

$$P = \frac{51520 \times \text{résistance du joint} \times \text{deux fois l'épaisseur de la tôle}}{\text{Diamètre intérieur de la chaudière en pouces} \times \text{facteur de sécurité}}$$

Les tôles qui ont été forées sur place doivent être démontées, les bavures enlevées et les trous légèrement fraisés à l'extérieur.

Les couvre-joints doivent être pris dans les tôles (sans des barres de fer plat), et doivent être d'aussi bonne qualité que les tôles de l'enveloppe; pour les joints linéaires, ils doivent être débités dans le travers des tôles, les trous de rivets, dans les couvre-joints, doivent être percés au foret ou au poinçon, selon qu'ils sont percés au foret ou au poinçon dans les tôles avant l'assemblage; quand ils ont été percés sur place, les couvre-joints doivent être démontés, les bavures enlevées et les trous légèrement fraisés à l'extérieur.

Quand on emploie des couvre-joints simples, tous les rivets y sont percés au poinçon, leur résistance doit être de $\frac{1}{4}$ plus forte que celle des tôles qu'ils re-

Le diamètre des rivets ne doit pas être inférieur à celui des feuilles dont se compose l'enveloppe, mais les plaques sont minces ou quand on fait usage de joints clin ou de couvre-joints simples, il est nécessaire que le diamètre des rivets soit supérieur à l'épaisseur

Signé THOMAS GR.

S DES PONTS ET CHAUSSÉES

CHRONIQUE.

Juin 1876.

N° 30

Exposition universelle de Philadelphie. — La Société des ingénieurs civils nous demande de faire connaître sa huitième assemblée générale à Philadelphie, dans le bâtiment principal de l'Exposition, galerie de l'Ohio, le 15 juin. Elle invite à y assister ceux des membres des ponts et chaussées que l'Exposition aura pu attirer de l'autre côté de l'Atlantique; elle s'applaudirait qu'un grand nombre d'entre eux venissent prendre part à ses délibérations.

Nouvelles formules de quadratures. — Plusieurs ingénieurs ont, dans la pratique, à calculer des quadratures polygonales. Si l'on considère la base divisée en un nombre égal de parties égales et désignées par h , et si $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$ sont les ordonnées correspondantes, la formule des trapèzes donne une approximation suivante :

$$T = h \left[\frac{1}{2} (y_0 + y_n) + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} \right]$$

La formule de Poncelet est

$$Z = h \left[\frac{1}{3} (y_0 + y_n) + \frac{2}{3} (y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1}) \right]$$

Enfin la formule de Simpson est

$$S = \frac{h}{3} \left[y_0 + y_n + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{n-1}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{n-2}) \right]$$

Ces formules ont déjà été modifiées à diverses reprises, dans le but d'arriver à une plus grande approximation, et de simplifier les calculs.

Ainsi M. Leclert, ingénieur des constructions navales, a donné une *formule des trapèzes modifiés* (*), qui est

$$T_1 = T + \frac{h}{16} (y_1 + y_{2n-1} - y_0 - y_{2n}),$$

et qui est plus approchée que la formule des trapèzes.

D'autre part, M. Catalan a donné la formule suivante, qui est une modification de la formule de Simpson :

$$S_1 = h \left[(y_0 + y_1 + \dots + y_{2n}) - \frac{5}{8} (y_0 + y_{2n}) + \frac{1}{6} (y_1 + y_{2n-1}) - \frac{1}{24} (y_2 + y_{2n-2}) \right].$$

M. le général du génie Parmentier a présenté au congrès tenu à Nantes (août 1875) par l'association française pour l'avancement des sciences, une étude sur la comparaison des diverses méthodes d'approximation dont nous venons de parler. Nous extrayons des épreuves des comptes rendus de la session, qui nous ont été communiquées, les résultats suivants :

En étudiant analytiquement les aires inscrites et circonscrites comparées à l'aire de la courbe, le général Parmentier arrive à proposer, pour remplacer la formule de Poncelet, la formule suivante :

$$\Sigma_1 = \left[2(y_1 + y_2 + \dots + y_{2n-1}) + \frac{1}{6} (y_0 + y_{2n}) - \frac{1}{6} (y_1 + y_{2n-1}) \right].$$

Cette formule, de même forme que la formule de Poncelet, est plus approchée : la limite de l'erreur commise, qui s'exprime géométriquement comme dans la formule de Poncelet, est réduite dans le rapport de 3 à 2.

M. le général Parmentier a comparé d'autre part la nouvelle formule qu'il propose à celle de Simpson, et il conclut que les résultats qu'elle fournit doivent différer fort peu ; que cette nouvelle formule exige un moindre nombre d'ordonnées ($n + 2$ au lieu de $2n + 1$) et présente enfin l'avantage de permettre de déterminer *a priori* une limite supérieure de l'erreur.

Dans des applications numériques de ces diverses formules correspondant à des courbes dont on avait pu déterminer rigoureusement l'aire, M. le général Parmentier a reconnu que la formule qu'il propose est toujours supérieure aux autres, si ce n'est à la formule Simpson, avec laquelle elle partage le premier rang sous

(*) *Annales du génie civil*, 1868.

IRONIQUE.

ais tandis c
ie la form
formule de
xacte, arri

e *Constance*
t à Zurich
s de trave
marchand
l'on vienn
estiné à rel
s), en évi
t est doubl
fournissent

lent princel
à 1^m,80 à l'
res n'y pe
e 3^m,60, e
aux charg

icues par l'
1^m,70; la l
largeur e
tôle et coi
rêmes son
euvent emj
l. Ces rései
variable le
aide de pla
ndantes pe
lère pour
ne force a

is de 1^m,83
e à vingt
nes. Une j
sine et le t.
l se trouve

o de diamè.
ts (machin
MOIRES.—

oscillants); les chaudières à retour de flamme fournissent de la vapeur à 5 atmosphères.

La durée du trajet (25 kilomètres) est de une heure et demie et la consommation de la houille est de 0',6.

Consommation de rails en France en 1875. — Nous trouvons dans les *Annales industrielles* des indications que nous résumons sur les quantités de rails en fer et en acier que les diverses compagnies de chemins de fer français ont fait recevoir aux usines en 1875.

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	RAILS EN FER.	RAILS EN ACIER.	TOTAL.
	kilog.	kilog.	kilog.
Chemin de fer du Nord.	2.500.000	38.604.000	41.104.000
Chemin de fer de l'Ouest.	1.795.400	11.999.100	13.794.500
Chemin de fer d'Orléans.	28.000.000	9.000.000	37.000.000
Chemin de P.-L.-M.	22.088.000	50.747.000	72.835.000
Chemin de fer de l'Est.	8.207.000	2.610.000	10.817.000
Chemin de fer du Midi.	20.095.000	2.470.000	22.565.000
Compagnies diverses.	14.203.619	5.230.694	19.434.313
Totaux.	96.889.019	120.660.794	217.549.813

En 1874, la quantité de rails en fer s'était élevée à 125.667.201 kil.; pour les rails en acier à 102.227.760 kilog., soit un total de 227.894.961 kilog.

Il y a donc en somme une diminution totale de 10.000 tonnes pour l'année 1875 : diminution qui s'élève à près de 29.000 tonnes pour les rails en fer, tandis qu'il y a une augmentation de 18.000 tonnes sur les rails en acier.

C. M. G.

TABLES

DES MÉMOIRES ET DOCUMENTS

PUBLIÉS

DURANT LE 1^{er} SEMESTRE DE 1876.

PREMIÈRE TABLE.

RÉCAPITULATION DES ARTICLES PAR ORDRE D'INSERTION.

10	
	NUMÉROS des planches.
	1
	2
	3
	4

NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.	INDICATION DES ARTICLES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des planches.
7	1	Bibliographie : notice biographique sur sen M. J. Callon, inspecteur général des mines, par M. Jacquemin, ingénieur en chef des ponts et chaussées; analyse.	105	
8	2	Chemins de fer français. — Note sur les sommes déversées par les six grandes compagnies, au profit du nouveau réseau, de 1864 à 1873; par M. L. Aucoc, président de section au Conseil d'Etat.	109	
9	2	Note sur les calculs de stabilité des poutres continues reposant sur plus de deux points d'appui et ayant des moments d'inertie variables dans les différentes sections verticales; par M. Kleitz, inspecteur général des ponts et chaussées.	115	
10	2	Notes recueillies dans une mission en Angleterre (1874) par MM. Poulet et Luneau, élèves ingénieurs des ponts et chaussées : analyse et extraits par M. Gariel, ingénieur des ponts et chaussées (suite): 6° Chemins de fer. — Appareils de manœuvres des aiguilles et des signaux à la station de Cannon-Street (Londres). 7° Appareils de sûreté pour les aiguilles. 8° Cabestans hydrauliques. 9° Nouveaux murs de quai du port de Glasgow.	150 158 163 168	4 5
11	2	Application des équations générales de la résistance des matériaux au problème de la stabilité des voûtes; par M. de Perrodil, ingénieur des ponts et chaussées.	178	5
12	2	Note sur les gisements actuels de guano au Pérou; par MM. Léon et Alfred Durand-Claye, ingénieurs des ponts et chaussées.	223	
13	2	Chronique [Février 1876]: Dragages de la rade de Port-Saïd. — Emploi de la dynamite dans les travaux de dérochement et de démolition d'ouvrages en maçonnerie. — Consolidation de remblais argileux. — Réparation de maçonneries par des injections de mortier. — Chemins de fer et tramways : renseignements statistiques.	233	
14	3	De la propriété des alluvions dites <i>artificielles</i> : note par M. Schlemmer, ingénieur en chef des ponts et chaussées.	241	
15	3	Barrages mobiles à forte chute : mémoire par M. Boulé, ingénieur des ponts et chaussées.	320	6
16	3	Exploitation du chemin de fer de Perpignan à Prades : note par M. Normand, ancien élève externe de l'Ecole des mines.	375	
17	3	Chronique [Mars 1876]: Exposition universelle de Philadelphie.	305	

NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.	INDICATION DES ARTICLES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des planches.
18	3	Chronique [Mars 1876] (Suite) : Les wagons-lits du colonel Mann. — La voiture à vapeur de M. Bollée (du Mans). — Rupture d'une digue de réservoir. — Nouveau système de pont mobile. — Appareil élévatoire pour les bateaux. — Grue flottante.	306	
19	4	Étude sur la baie de Saint-Jean-de-Luz; par M. Bouquet de la Grye, ingénieur hydrographe de la marine.	395	7, 8
20	4	Le canal de l'Est: note par M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées.	459	9
21	4	Détermination graphique des moments de flexion d'une poutre à plusieurs travées solidaires; par M. G. Fouret, ancien élève de l'Ecole polytechnique.	473	8
		Chronique [Avril 1876] : Exposition universelle de Philadelphie.	497	
22	4	Sifilet automoteur pour locomotive. — Abonnements kilométriques sur le chemin de fer de Lausanne à Echallens. — Pont de Riga sur la Duna.	497	
23	5	Assainissement de Berlin: note par M. Mille, inspecteur général des ponts et chaussées.	501	10
24	5	Endiguements de la Durance: étude par M. Hardy, ingénieur en chef des ponts et chaussées.	518	11
25	5	De quelques travaux récents relatifs à la théorie des voûtes: note par M. Ed. Collignon, ingénieur des ponts et chaussées.	539	
26	5	Chronique [Mai 1876] : Double décimètre de M. Castelnaud. — Hydraulique des grands fleuves. — Chemins de fer (statistique). — Locomotive à air comprimé. — Action de la chaleur sur les ponts métalliques. — Bibliographie.	545	
27	6	Rapport au préfet de la Seine sur les travaux de la commission chargée d'examiner les questions qui se rattachent à l'assainissement des Halles centrales de Paris.	553	12
28	6	Notice sur la construction et les prix de revient des chemins de fer secondaires de Valkany à Perjamos et de Vojtek à Bogsan (Hongrie); par M. Fournier, inspecteur général de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'Etat.	603	13
29	6	Instructions données par le <i>Board of Trade</i> pour la détermination de la pression dans les chaudières à vapeur cylindriques.	627	
30	6	Chronique [Juin 1876] : Exposition universelle de Philadelphie. — Nouvelles formules de quadratures. — Bac à vapeur sur le lac de Constance. — Consommation des rails en France en 1875.	631	

DEUXIÈME TABLE.

ANALYSE DES MATIÈRES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE.

A

ABONNEMENT kilométrique (chemin de fer de Lausanne à Echallens), p. 499.

ACCUMULATEUR, p. 153.

AIGUILLES de chemins de fer, p. 130.

AIR comprimé (locomotive à), p. 547.

ALBERT-BRIDGE, p. 9.

ALIMENTATION en eau du fort Saint-Michel. — Notice par M. Picard, ingénieur des ponts et chaussées, p. 33 à 66.

Chap. I. Évaluation des besoins et choix du mode d'alimentation, p. 33. — Chap. II. Conduite ascensionnelle, p. 36. — Chap. III. Pompe, p. 41. — Chap. IV. Turbine, p. 47. — Chap. V. Transmission de mouvement. — Réservoir d'air, p. 54. — Chap. VI. Bâtiment des machines, p. 56. — Chap. VII. Épreuves, p. 58. — Chap. VIII. Mode d'exécution et dépenses de premier établissement, p. 63. — Conclusions, p. 65, Pl. 1.

ALLUVIONS (propriété des), p. 241.

ANGLETERRE (mission en). Notes recueillies par MM. Poulet et Luneau, élèves ingénieurs des ponts et chaussées; Analyse et extraits par M. Gabriel, ingénieur des ponts et chaussées, p. 5 à 32 et 150 à 177.

I. Nouveau rouleau compresseur pour cylindrage des chaussées, p. 5. — II. L'Albert Bridge, p. 9. — III. Comble de la station de Saint-Pancrace (Midland Railway), à Londres, p. 17. — IV. Tramways à voie entièrement métallique du port de Glasgow, p. 28. — V. Bateau porte de la nouvelle forme de radoub de Greenock, p. 30. — VI. Chemins de fer. — Appareils de manœuvre des aiguilles et des signaux à la station de Cannon street (Londres), p. 150. — VII. Appareils de sûreté pour les aiguilles, p. 158. — VIII. Cabestans hydrauliques, p. 163. — IX. Nouveaux murs de quai du port de Glasgow, p. 168. Pl. 2, 3, 4 et 5.

ARMSTRONG, p. 163.

ASSAINISSEMENT de Berlin. Règlements et travaux : note par M. Mille, inspecteur général des ponts et chaussées, p. 501 à 514.

1. Exposé, p. 501. — 2. La distribution d'eau à Vienne, p. 501. — 3. Assainissement de Berlin. Etat actuel, p. 502. — 4. Principes d'assainissement, p. 504. — 5. Règlements sur l'assainissement des habitations, p. 505. — 6. Canalisation des voies publiques, p. 507. — 7. Service des machines, p. 508. — 9. Résumé et conclusions, p. 512.

Documents annexes. I. Ordonnance de police, p. 514. — II. Arrêté du maire, p. 516. — III. Prescriptions de police, p. 517, pl. 10.

ASSAINISSEMENT des Halles centrales de Paris. Rapport à M. le préfet de la Seine sur les travaux de la Commission chargée d'examiner les questions qui se rattachent à cet assainissement, p. 553 à 602.

Origine et composition de la Commission, p. 553. — Point de départ et programme sommaire des travaux de la Commission, p. 554. — Description générale des Halles centrales, p. 555. — Discussion relative à l'insalubrité des Halles, p. 563. — Moyens employés actuellement pour prévenir ou atténuer les causes d'infection, p. 567. — Améliorations proposées dans le service du nettoyage, p. 568. — Étude de nouveaux aménagements intérieurs, p. 572. — Assainissement des latrines existantes, p. 574. — Perfectionnements à introduire dans quelques agencements accessoires, p. 575. — Système général de ventilation à adopter, p. 576. — Mesures de police relatives à l'assainissement, p. 580. — Dépenses que comporte l'assainissement des Halles, p. 581. — Résumé et conclusions, p. 582.

Annexes : Liste des principaux ouvrages à consulter pour l'étude

atives à l'assainissement des Halles, p. 584. — Rapport d'une Sous-Commission spéciale sur les projets présentés et sur les moyens employés pour assainir les sous-sols par des procédés de ventilation, p. 585. — Note sur les résultats obtenus par le liquide désinfectant, p. 598. — Composition du liquide désinfectant expérimenté aux Halles, p. 601. — Légende explicative des différents services concentrés dans les Halles centrales, p. 601, Pl. 12.

AUCOC Les chemins de fer français. Sommes déversées par les six grandes Compagnies au profit du nouveau réseau de 1864 à 1875, p. 109.

AVELINE et PORTER, p. 6.

B

Bac à vapeur sur le lac de Constance, p. 633.

BAIE DE SAINT-JEAN-DE-LUZ. Étude par M. Bouquet de La Grye, ingénieur hydrographe de la marine, p. 395 à 458.

Chap. I. Actions extérieures, p. 395. — Chap. II. Actions intérieures, p. 410. — Chap. III. Description des états antérieurs de la baie de Saint-Jean-de-Luz. Comparaison des lignes de niveau; courbes des maxima d'érosion. Comparaison des surfaces et des volumes, p. 423. — Chap. IV. Avenir de la baie après l'achèvement des digues. Améliorations de la Nivelle et du Socoa, p. 451. Pl. 7 et 8.

BARLOW, p. 17.

BARRAGES mobiles à forte chute : mémoire sur un nouveau système de barrage mobile fermé par des vannes et des fermettes, par M. Boulé, ingénieur des ponts et chaussées, p. 320 à 374.

Exposé, p. 320.

Chap. I. Description générale du barrage à fermettes et vannes et justification des dispositions proposées.

§ 1. Substitution de vannes ordinaires aux aiguilles des barrages de M. Poirée, p. 322. — § 2. Manœuvres des vannes. — Facilités et avantages nombreux qu'elles présentent, p. 326.

— § 3. Dimensions et dispositions des vannes, p. 333. — § 4. Dispositions diverses. — Vannes automobiles, p. 336. — § 5. Dimensions

des fermettes. — Hauteur des retenues, p. 341. — § 6. Résistance des fermettes, p. 345. — § 7. Entretoisement des fermettes successives. — Augmentation postérieure du niveau de la retenue, p. 351.

Chap. II. Application au barrage de Port-à-l'Anglais. — Expériences.

§ 1. Dispositions adoptées pour les expériences, p. 354. — § 2. Expériences, p. 360. — Résumé, p. 370, Pl. 6.

BATEAU-PORT de Greenock, p. 30.

BATEAUX (appareil élévatoires pour les), p. 392.

BERLIN (assainissement de), p. 501.

BÉTANCOURT (de), p. 103.

BIBLIOGRAPHIE, p. 549.

BIOGRAPHIE. Notice sur M. J. Callon, par M. Jacquemin, ingénieur en chef des ponts et chaussées; Note analytique par M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées, p. 105.

BOARD OF TRADE. Voir Chaudières à vapeur, p. 627.

BOLLÉE. Voiture à vapeur, p. 388.

BOULÉ. Nouveau système de barrage mobile fermé par des vannes et des fermettes, p. 320.

BOUQUET DE LA GRYE. Étude sur la baie de Saint-Jean-de-Luz, p. 395.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE, p. 549.

C

CABESTANS HYDRAULIQUES, p. 163.

CAILLAUX. Discours, p. 99.

CALLON. Notice biographique, par M. Jacquemin, ingénieur en chef des ponts et chaussées; note analytique par M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées, p. 105 à 108.

CANAL DE L'EST. Note par M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées, p. 459 à 472.

I. Renseignements techniques, p. 459. — II. Renseignements financiers, p. 465. — III. Résumé, p. 470, pl. 9.

CANAUX. Appareil élévatoire pour les bateaux, p. 392.

CASTELNAU (double décimètre), p. 545.

CHALBUR (action de la) sur les ponts métalliques, p. 548.

CHAUDIÈRES à vapeur. — (Instructions données par le Board of Trade pour la détermination de la pression dans les), p. 627.

CHEMINS DE FER. — Voir Aiguilles, p. 152.

CHEMINS DE FER FRANÇAIS. Note sur les sommes déversées par les six grandes compagnies de chemins de fer, au profit du nouveau réseau de 1864 à 1875; par M. Aucoc, président de section au Conseil d'Etat, p. 109 à 114.

CHEMINS DE FER. Statistique : États-Unis, p. 238; Angleterre, p. 239, 546; Russie, p. 239; Indes, p. 239; Suisse, p. 546; Allemagne, p. 546.

— Exploitation. Voir Résultats économiques, p. 375.

— Wagons-lits, p. 386.

— Sifflet automateur, p. 497.

— SUISSES. Abonnements kilométriques, p. 499.

CHEMINS DE FER secondaires de Valkany à Perjamos et de Vojtek à Bogdan (Hongrie). Notice sur la construction et les prix de revient, par M. Fournier, inspecteur général de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'Etat, p. 603 à 626.

Considérations générales, p. 604.

— I. Conditions spéciales des actes de concession des lignes secondaires, p. 608. — II. Ligne de Valkany à Perjamos, p. 609. — III. Ligne de Vojtek à Bogdan, p. 618. — IV. Tableau comparatif des dépenses des deux lignes, p. 623. — V. Résultats généraux des deux lignes, p. 624.

— Observations sur les résultats généraux, p. 624.

— Consommation de rails en France, p. 634.

CHRONIQUE :

Janvier. Société amicale de secours des anciens élèves de l'Ecole polytechnique. Discours du ministre des travaux publics, p. 99. — M. de Bétancourt, p. 103.

Février. Dragages de la rade de Port-Saïd, p. 233. — Consolidation de remblais argileux, p. 236. — Réparation de maçonneries par l'injection de mortier clair ou de ciment, p. 237. — Chemins de fer et tramways. Statistique, p. 238.

Mars. Exposition universelle de Philadelphie, p. 385. — Les wagons-lits du colonel Mann, p. 386. — La voiture à vapeur de M. Bollée, du Mans, p. 388. — Rupture d'une digue de réservoir, p. 389. — Nou-

veau système de pont mobile, p. 390.

— Appareil élévatoire pour les bateaux, p. 392. — Grue flottante, p. 392.

Avril. Exposition universelle de Philadelphie, p. 497. — Sifflet automateur pour locomotive, p. 497. — Abonnement kilométrique sur le chemin de fer de Lausanne à Echallens, p. 499. — Pont de Riga sur la Duna, p. 499.

Mai. Double décimètre de M. Castelnau, p. 545. — Hydraulique des grands fleuves, le Parana, l'Uruguay et le bassin de la Plata, p. 545. — Chemins de fer. — Statistique, p. 546. — Locomotive à air comprimé, p. 547. — Action de la chaleur sur les ponts métalliques, p. 548.

Juin. Exposition universelle de Philadelphie, p. 631. — Nouvelles formules de quadratures, p. 631. — Bac à vapeur sur le lac de Constance, p. 633. — Consommation de rails en France en 1875, p. 634.

COLLIGNON. Théorie des voûtes, p. 539.

— p. 481.

COMBLE de la station de Saint-Pancrace, p. 17.

COMPTAGE AMBULANT. Voir Recensement de la circulation sur les routes, p. 71.

CONSOLIDATION de remblais, p. 236.

CONSOMMATION de rails en France en 1875, p. 634.

CONSTANCE (lac de). Bac à vapeur, p. 633.

CONSTRUCTION des chemins de fer secondaires de la Hongrie. — Prix de revient, p. 603.

COURS d'eau navigables. Voir Délimitation, p. 67.

D

DÉCIMÈTRE (double), perfectionnements, p. 545.

DÉLIMITATION des cours d'eau navigables : note par M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées, p. 67 à 70.

— des îles, p. 315.

DEMONT. Note sur les résultats obtenus par le liquide désinfectant de MM. Rousseau, p. 598.

DÉSINFECTION. Voir Assainissement des Halles centrales, p. 553.

TABLE ANALYTIQUE.

Chemins de fer fran-

voir (rupture d'une),

rade de Port-Saïd,

ga sur la), p. 499.

ements de la), p. 518.

E (Léon et Alfred)

actuels de guano au

l.), p. 539.

emploi dans les tra-

je, p. 235.

E

p. 392.

nts. Voir Moments de

. Voir Assainissement

ot.

r Sifflet automoteur,

la Durance dans le

e Vaucluse et dans

Perthus en particu

M. Hardy, ingénieur

ponts et chaussées,

n. 11.

a baie de Saint-Jean-

p. 459.

chemin de fer de

ades; résultats écono-

nelle de Philadelphie,

F

p. 152.

eau système de har-

st), p. 320.

ique des), p. 545.

Quais de Glasgow,

p. 168.

FOREST et LARTIGUE. Sifflet automoteur,

p. 497.

FORT SAINT-MICHEL (alimentation en

eau du), p. 33.

POURET. Détermination graphique

des moments de flexion d'une poutre

à plusieurs travées solitaires, p. 473.

FOURNIER Construction et prix de

revient des chemins de fer secon-

daire de Valkany à Perjamos et de

Vojtek à Bogsan (Hongrie), p. 603.

FRANQUEVILLE (de), p. 70.

FACOT, p. 472.

G

GABRIEL. Analyse et extraits des notes

recueillies dans une mission en

Angleterre (1874), par MM. Poulet

et Luneau, élèves ingénieurs des

ponts et chaussées, p. 5 et 150.

GISEMENTS actuels de guano au Pérou,

p. 223.

GLASGOW (quais de), p. 168.

GREENOCK. — Bateau-ports, p. 30.

GRUZ flottante, p. 392.

GUANO (gisements actuels de) au Pérou;

note par MM. Léon et Alfred Durand-

Claye, ingénieurs des ponts et chaussées,

p. 223 à 231.

Exposé, p. 223. — Origine du

guano, p. 223. — Division des gise-

ments, p. 224. — Anciennes exploi-

tations, p. 224. — Introduction du

guano en Europe, p. 225. — Exploi-

tation des îles de Chincha, p. 225.

— Exploitation des gisements du

Nord, p. 226. — Gisements du Sud,

p. 227. — Conclusions, p. 231.

H

HALLS centrales (Voir Assainissement

des), p. 553.

HARDY. Étude sur les endiguements

de la Durance, p. 518.

HONCURE. Voir Chemins de fer secon-

daire, p. 603.

HYDRAULIQUE des grands fleuves, p. 545.

I

ILES. Voir Délimitation, p. 315.

INJECTIONS de mortier clair ou de

ciment, p. 237.

J

JACQUIN. Notice biographique sur

M. Callon, p. 105.

K

KINIPPLE, p. 32.

KLEITZ Calculs de stabilité des peu-

tres continues, p. 115.

L

LAC DE CONSTANCE (bac à vapeur sur

le), p. 633.

LALANNE. Rapport à M. le préfet de la

Seine sur les travaux de la commis-

sion chargée d'examiner les questions

qui se rattachent à l'assainissement des Halles centrales de Paris, p. 553.

LANTIER et FOREST. Sifflet automoteur, p. 497.

LATERRADE. Application du comptage ambulant pour le recensement de la circulation sur les routes, p. 71.

— à Echallens (chemin de fer omnibus), p. 499.

Dx), p. 233.

re (Sifflet automoteur pour),

omprimé, p. 547.

et **POULET.** Notes recueillies sur une mission en Angleterre p. 5 et 150.

N

NUX. Instructions pour les ponts relatives à la délimitation des eaux navigables, p. 67.

Analytique sur une biographie allon, par M. Jacquemin, p. 105.

ral de l'Est, p. 439.

lonel). Wagons-lits, p. 386.

Note sur l'assainissement de p. 501.

. 169.

en Angleterre (1874). Voir p. 150.

de flexion d'une poutre à plusieurs travées solidaires. Déterminé par M. Fouré, élève de l'École polytechnique, p. 473 à 495.

sé, p. 473. — Chap. I. Méthode fautive position, p. 474. —

1. Méthode directe purement ue, p. 481. — Chap. III.

tion à la détermination des des flechissants sur les appuis

nt de 220 mètres à 4 travées, — Chap. IV. Détermination

ne des moments flechissants efforts tranchants aux divers

de chaque travée, p. 492. —

lisation, p. 494, pl. 8.

N

ID. Note sur les résultats iques de l'exploitation du de fer de Perpignan à Prades,

O

. 11.

P

PARIS. Voir Assainissement des Halles, p. 553.

PARENTIER (colonel). Nouvelles formules de quadratures, p. 631.

PEAUCELLIER, p. 540.

PEROU. Gisements de guano, p. 223.

PÉROUSE, p. 17.

PERPIGNAN à Prades (chemin de fer de). Voir Résultats économiques, p. 375.

PERRIER, p. 521.

PERRODIL (de). Théorie de la stabilité des voûtes, p. 178.

PHILADELPHIE (Exposition universelle de), p. 385, 497, 631.

PICARD. Alimentation en eau du fort Saint-Michel, à Toul, p. 33.

PONT. L'Albert Bridge à Londres, p. 9. — mobile (nouveau système de), p. 390.

— de Riga, sur la Duna, p. 499. \

PONTS métalliques (action de la chaleur sur les), p. 548.

PORTER et AVELING, p. 6.

PORT-A-L'ANGLAIS. Voir Barrages mobiles à forte chute, p. 320.

PORTS. Voir Quais de Glasgow, p. 168.

PORTS de mer. Voir Bateau porte, p. 30.

— Voir Saint Jean de Luz, p. 395.

PORT SAÏN (dragages de la rade de), p. 233.

POULET et LUNEAU. Notes recueillies dans une mission en Angleterre (1874), p. 5 et 150.

POURNAIS continues (calculs de stabilité des) reposant sur plus de deux points d'appui et ayant des moments d'inertie variables dans les différentes sections verticales: note par M. Kleitz, inspecteur général des ponts et chaussées, p. 115 à 149.

— droites. Voir Moments de flexion, p. 473.

PRESSON dans les chaudières à vapeur cylindriques, p. 627.

PROPRIÉTÉ des alluvions dites artificielles; note par M. Schlemmer, ingénieur en chef des ponts et chaussées, p. 241 à 319. — Considérations préliminaires, p. 241. — Jurisprudence de l'autorité judiciaire en matière d'alluvions artificielles, p. 263. — Résumé et conclusions, p. 287. — Annexes, arrêts divers, p. 291. — Remarques sur la délimitation des fleuves, p. 315.

elles formules de),
p. 168.

on de) en France
circulation sur les
ation du comptage
par M. Laterrade,
des ponts et chaus-

omprimé, p. 547.
consolidation des),

a d'une digue de),

INDISTANCE DES MATÉRIEAUX. Voir Poutres
continues, p. 115. — Stabilité des
voûtes, p. 178. — Moments de flexion,
p. 473.

RÉSULTATS ÉCONOMIQUES de l'exploita-
tion du chemin de fer de Perpignan
à Prades. Note par M. Ch. Nor-
mand, ancien élève externe de l'E-
cole des mines de Paris, p. 375 à
383.

Exposé, p. 375. — Description som-
maire de la ligne, p. 375. — Person-
nel, p. 377. — Observations sur la
composition des tableaux des dé-
penses et des recettes, p. 377.

ROBOUR, p. 547.

ROCA (pont de), p. 499.

ROVIGNES. Voir Alluvions, p. 241.

ROULEAU compresseur employé à Lon-
dres, p. 5.

ROUSSEAU. Liquide désinfectant, p. 598.

ROUTES. Recensement de la circulation,
p. 71.

S

SAINT-GOTTHARD (tunnel du mont), p. 547.

SAINT JEAN-DE-LUZ (baie de), p. 395.

SAXBY et FARMER, p. 152.

SCHLEMMER. Propriété des alluvions
dites artificielles, p. 241.

SÉQUESTRE. Voir Chemins de fer, p. 375.

SUFFLET automoteur pour locomotive,
p. 497.

SOCOA, p. 399.

STABILITÉ des voûtes (théorie de la).
Application des équations générales
de la résistance des matériaux au
problème de la stabilité des voûtes,
par M. de Perrodit, ingénieur des
ponts et chaussées, p. 178 à 222.

I^{re} partie, p. 178. — II^e partie,
p. 187, Pl. 5.

STABILITÉ des poutres continues, p. 125.

STATISTIQUE. Voir Chemins de fer,
p. 238, 546. — Tramways, p. 240.

SUISSE. Abonnements kilométriques sur
un chemin de fer, p. 499.

T

THÉORIE des voûtes (travaux récents).
p. 539

TRESCA, p. 388.

TRAMWAYS: Statistique, France, p. 240.

U

UNIQUE (pont mobile à), p. 390.

V

VANNAGE (nouveau) du barrage de
Port-à-l'Anglais, sur la Seine,
p. 320.

VANNES (nouveau barrage mobile à
fermettes et), p. 320.

VÉE (Léonce) Rapport sur l'assainis-
sement des sous-sols des Halles
centrales par la ventilation, p. 585.

VENTILATION. Voir Assainissement des
Halles, p. 553.

VIGUIER, p. 152.

VOITURE à vapeur de M. Bollée, p. 388.

VOÛTES (note sur quelques travaux ré-
cents relatifs à la théorie des), par
M. Ed. Collignon, ingénieur des
ponts et chaussées, p. 539 à 544.

— Voir Stabilité, p. 178.

W

WAGONS-LITS du colonel Mann, p. 386.

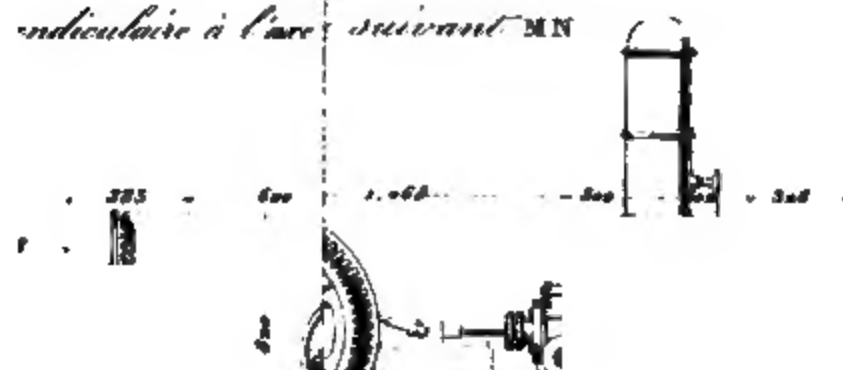
WESMACOTT, p. 165.

WHIPPLE. Nouveau pont mobile, p. 390.

WILLIAMSBURG. Rupture d'une digue
de réservoir, p. 389.

FIN DES TABLES DES MÉMOIRES DU 1^{er} SEMESTRE DE 1876.

Et
Orth
perpendiculaire à l'axe suivant MN



285 *600* *1.060* *200* *200* *200*

Pompe et du



10

10